

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

140/3
(Број захтева)
23.03.2010. године
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

НЕМАЊЕ (СЛОБОДАН) ВИШЊИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **НЕМАЊА (СЛОБОДАН) ВИШЊИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

**ЉАПУНОВСКА И НЕЉАПУНОВСКА СТАБИЛНОСТ ЛИНЕАРНИХ СИНГУЛАРНИХ СИСТЕМА СА
ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**

Универзитет је дана 19.01.2007. год. својим актом под бр 43/1 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**ЉАПУНОВСКА И НЕЉАПУНОВСКА СТАБИЛНОСТ ЛИНЕАРНИХ СИНГУЛАРНИХ СИСТЕМА СА ЧИСТИМ
ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **НЕМАЊЕ (СЛОБОДАН) ВИШЊИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 05.02.2010. године, одлуком факултета под бр. 140/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Драгутин Дебељковић</u>	редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
2. <u>Др Сретен Стојановић</u>	доцент	Аутоматско управљање	Технолошки фак. Лесковац
3. <u>др Михаило Лазаревић</u>	редовни професор	Механика	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 18.02.2010. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

- Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 140/4
Датум: 23.02.2010. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Драгутин Дебељковић, доц.др Сретен Стојановић, Технолошки факултет Лесковац и проф.др Михаило Лазаревић, о оцени докторске дисертације „Љапуновска и нељапуновска стабилност линеарних сингуларних система са чистим временским кашњењем“ докторанта мр Немање Вишњића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 18.02.2010. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцenu и одбрану докторске дисертације **„ЉАПУНОВСКА И НЕЉАПУНОВСКА СТАБИЛНОСТ ЛИНЕАРНИХ СИНГУЛАРНИХ СИСТЕМА СА ЧИСТИМ ВРЕМЕНСКИМ КАШЊЕЊЕМ“** докторанта **мр НЕМАЊЕ ВИШЊИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцenu и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**MAŠINSKI FAKULTET
UNIVERZITET U BEOGRADU**

**NASTAVNO NAUČNOM VEĆU
MAŠINSKOG FAKULTETA**

GOSPODINU DEKANU
Dr Miloradu Milovančeviću, profesoru

Odlukom Nastavno naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 140 / 2 od 05.02.2010. god. imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije, pod nazivom:

**Ljapunovska i neljapunovska stabilnost
linearnih singularnih sistema
sa
čistim vremenskim kašnjenjem**

kandidata Mr **Nemanja S. Višnjića**, dipl. inž. maš., o kojoj podnosimo sledeći:

I z v e š t a j

Doktorska disertacija pod naslovom: **Ljapunovska i neljapunovska stabilnost linearnih singularnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem** koju je podneo Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž. maš., urađena je na 228 strane teksta, sadrži 2 slika, 2 tabele i 337 citata referentne literature.

Kandidat Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž. maš., je svojim dopisom br. 235/1 od 21.02.2006. god. podneo prijavu teme doktorske disertacije Naučno-nastavnom veću Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Na osnovu obaveštenja, saopštenog na sednici Nastavno naučnog veća Mašinskog fakulteta održanoj 23.03.2006.god. i sednice Katedre za automatsko upravljanje održane 14.12.2006.god. godine, Komisija za ocenu ispunjenosti uslova kandidata i naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije, formirane na sednici Katedre za automatsko upravljanje, održanoj 04.04.2006.god., podela je podnela je pozitivan Izveštaj o prijavi doktorske disertacije Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž. maš., zaveden u arhivi Mašinskog fakulteta u Beogradu pod red. br. 235/2 od 25.12.2006.god.

Naučno-nastavno veće Mašinskog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 28.12.2006.god., donelo je Odluku o prihvatanju predloga o ispunjenosti uslova i naučnoj zasnovanosti predmetne doktorske disertacije pod red. br. 41/1 od 11.01.2007.god. kandidata Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž. maš i istu uputila Stručnom veću Univerziteta u Beogradu na saglasnost.

Odlukom br. 151/2 od 01.02.2007.god. Stručno veće Univerziteta za mašinske, saobraćajne i organizacione nauke dalo je svoju saglasnost i odobrenje da kandidat Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž. maš., radi na navedenoj temi doktorske [disertacije](#).

Na osnovu izveštaja Dr Dragutina Lj. Debeljkovića, profesora, mentora predmetne doktorske disertacije, da je doktorant Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž. maš., završio svoju doktorsku disertaciju i predloga Katedre za automatsko upravljanje, odluka br.140/1 od 28.01.2010.god. Nastavno-naučno veće Mašinskog fakulteta u Beogradu je na svojoj sednici održanoj 04.02.2010. god. donelo odluku, br. 140/2 od 05.09.2010. god. o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije pod naslovom: **Ljapunovska i neljapunovska stabilnost linearnih singularnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem**.

Sadržina i predmet doktorske disertacije odnose se, na danas, veoma aktuelnu problematiku izučavanja ljapunovske i neljapunovske stabilnosti posebne klase savremenih diskretnih deskriptivnih sistema automatskog upravljanja sa čistim vremenskim kašnjenjem.

Mimo toga izvestan prostor posvećen je i problemu robusnosti stabilnosti sa prisutnim parametarskim neodređenostima posebnih klasa ovde pomenutih sistema, što još više daje značaj proučavanoj problematici imajući u vidu realne uslove rada savremenih sistema automatskog upravljanja.

I BIOGRAFSKI PODACI O KANDIDATU

Mr **Nemanja S. Višnjić**, dipl. inž.maš., rođen je 02.04.1979. u Beogradu.

Pohađao je i završio osnovnu školu "Ujedinjene nacije" u Beogradu u periodu 1986 - 1994. godine. Upisao je Trinaestu beogradsku gimnaziju, prirodno-matematičkog smera a maturirao 1998. godine.

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu upisao je 1998. godine a diplomirao na Katedri za automatsko upravljanje 14.oktobra 2003.god., sa ocenom 10 (deset) na dilomskom radu pod nazivom «**Dinamička analiza linearnih diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem**» i prosečnom ocenom u toku studija **9,74 (devet i 74/100)**, a kod mentora Dr Dragutina Lj. Debeljkovića, prof.

Upisao je poslediplomske studije, takođe, na Mašinskom fakultetu u Beogradu i ponovo na Katedri za automatsko upravljanje i to u školskoj 2003/2004. god.

Svoju magistarsku tezu, pod nazivom «**Linearni singularni sistemi: Metode podešavanja i projektovanje observera**» odbranio je 08.02.2006.god. a kod mentora Dr Dragutina Lj. Debeljković, prof.

Od 2003. god, pa sve do 2008 god. stipendista je Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine i okviru tog angažmana uspešno je učestvovao kao saradnik na projektima koje finansira Ministarstvo i to:

- 1. Razvoj prenosnika za pogon mlinova za ugalj u termoelektranama snage 1100 – 2000 KW**, Mašinski fakultet Beograd, Projekat tehnološkog razvoja, 2004 - 2005.a pod rukovodstvom Dr Dragutina Lj. Debeljković, prof.
- 2. Razvoj nove generacije autobusa domaće proizvodnje**, Mašinski fakultet Beograd, Pod projekat tehnološkog razvoja, 2005 - 2006. a pod rukovodstvom Dr Dragutina Lj. Debeljković, prof.

Kao jedan od najboljih studenata grupe za automatsko upravljanje bio je finasijski dva puta potpomognut od strane Ministarstva (stipendista) i to prilikom magistarskih studija a i sada prilikom izrade svoje doktorske disertacije.

Tečno govori engleski [jezik](#).

II SPISAK OBJAVLJENIH NAUČNIH I STRUČNIH RADOVA KANDIDATA

Objavljene monografije

D. Lj. Debeljkovic, N. S. Visnjić, **Linearni Singularni Sistemi: Metode Podešavanja Polova i Projektovanje Observera**, Mašinskifakultet Beograd, Beograd, 2006., str. 448.

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja

2008

[01] Debeljkovic, D. Lj, S. B. Stojanovic, S. A. Milinkovic, Lj. A. Jacic., N. S. Visnjic, M. Pjescic, “ **Stability in the sense of Lyapunov of Generalized State Space Time Delayed Systems : A Geometric Approach** ”, *International Journal of Information & System Science*, (Canada), Vol. 4, No. 2, (2008), pp. 278 – 300.

[02] Debeljkovic D. Lj, N. S. Visnjic, M. Pjescic, “**The Stability of Linear Continuous Singular Systems over the Finite Time Interval: An Overview** ”, *International Journal of Information & System Science*, (Canada), Vol. 4, No. 4, (2008), pp. 560 – 584.

[03] Debeljkovic, D. Lj., S. B. Stojanovic, N. S. Visnjic, S. A. Milinkovic, “ **A Quite New Approach to the Asymptotic Stability Theory: Discrete Descriptive Time Delayed System** ”, *Dynamics of Continuous, Discrete and Impulsive Systems*, (Canada), Vol. 15, Series A: Mathematical Analysis, No. 15 (2008), pp. 469 – 480, ISSN 1201-3390.

Komentar:

1. Radovi pod red. br. [01] i [02] su radovi objavljeni u međunarodnom časopisu koji NIJE na SCI listi.

2. Rad pod red. [03] objavljen je u časopisu koji se nalazi na SCI Listi.¹

Radovi saopšteni i objavljeni

u zbornicima radova sa konferencija međunarodnog značaja

2006

[01] Debeljkovic, Lj. D. S. B. Stojanovic, N. S. Visnjic, S. A. Milinkovic, “**Lyapunov Stability Theory : A Quite New Approach – Discrete Descriptive Time Delayed Systems**”, *Proc. American Control Conference 06*, June, 14 – 16, Minneapolis, Minnesota, (USA), (2006), pp. 5091 – 5096., also CD-Rom

2007

[02] Debeljkovic D. LJ., Lj. A. Jacic., N. S. Visnjic, M. Pjescic, **Asymptotic Stability of Generalized Discrete Descriptive Time Delayed Systems**, *Proc. The 5th Edition of IFAC Knowledge and Technology Transfer Conference Series on Automation for Building the Infrastructure in Developing Countries* (2007) (DECOM 2007), May 17 - 19, 2007, Cesme - Izmir (Turkey), 2007, CD Rom.

[03] Debeljkovic D. LJ., S. B. Stojanovic., N. S. Visnjic, S. A. Milinkovic, **Singular Time Delayed System Stability Theory in the sense of Lyapunov: A Quite New Approach**, *Proc. American Control Conference* (2007) (ACC 2007), July 11-13, 2007, New York, USA, 2007, also *Proc. European Control Conference 2007* (ECC 2007), July 2-5, 2007, [Kos, Greece](#).

¹ Videti Tumačenje Nacionalnog saveta za visoko obrazovanje, od 15.01.2010.god..

Radovi objavljeni u časopisima nacionalnog značaja

2006

[01] Debeljkovic D. Lj., M. B. Jovanovic, N. S. Visnjic, **Singular System Theory applied to the Evaporator Dynamics of a Once-through Subcritical Steam Generator : The Differential Discrete Mathematical Modeling** *Chemical Industry and Chemical Engineering* , Vol.13, No.1, (2006), pp. 27 – 32.

2007

[02] Debeljkovic, Lj. D., N. S. Višnjić, M. R. Pješčić, “**The Stability of Linear Continuous Singular Systems in the sense of Lzapunov: An Overview**”, *NTP* (Serbia), Vol. LVII, No. 1, (2007), pp. 39 – 50.

[03] Debeljkovic, Lj. D., N. S. Višnjić, M. R. Pješčić, “**The Stability of Linear Continuous Singular Systems over the Finite Time Interval: An Overview**”, *NTP* (Serbia), Vol. LVII, No. 2, (2007), pp. 50 – 63.

*Radovi saopšteni i objavljeni
u zbornicima radova sa konferencija nacionalnog značaja*

2005

Debeljkovic, Lj. D., M. B. Jovanovic, N. S. Višnjić, “**Singular System Theory Applied to the Evaporator Dynamics of a Once - Through Sub-critical Steam Generator: The Differential Discrete Mathematical Modeling based Approach** ”, *Proc. SEECChe* 1, September 25 – 28, Belgrade (Serbia), (2005), PREN P-29 , CD-Rom.

III TEHNIČKI OPIS DOKTORSKE DISERTACIJE

Kandidat je svoju doktorsku disertaciju prezentovao kroz sledeći usvojeni fundamentalni koncept izlaganja:

Klasa razmatranih sistema

Koncepti i metodološki pristup u analizi razmatranih sistema

Hronološki pregled do sada objavljenih rezultata na polju problematike predmetne doktorske disertacije

Detaljan pregled nekih fundamentalnih rezultata iz teorije stabilnosti i robusnosti, neophodnih kao baza i kasnije i kao referentna podloga za poređenje sa svojim doprinosima

Izlaganje osnovnih doprinosa svoje doktorke disertacije

Kritički osvrt na sopstvene doprinose i poređenje sa postojećim rezultatima

Zaključak sa osvrtom na dalja, moguća istarivanja.

U tom smislu, kada su u pitanju ključna pitanja ove doktorske disertacije, kandidat prvo posvećuje pažnju klasama razmatranih sistema i sumarno iznosi sledeća viđenja.

Prvo konstatuje da su predmeti naučne rasprave u predloženom doktorskom radu dve posebne klase sistema: linearni diskretni deskriptivni sistemi i linearni diskretni deskriptivni sistemi sa čistim vremenskim kašnjenjem prisutnim u stanju sistema, kao i njihovo dinamičko ponašanje kako na konačnom tako i na beskonačnom vremenskom [intervalu](#).

U smislu neophodne rekapitulacije, već nekih antologijskih činjenica kandidat prvo razmatra singularne (deskriptivne) sisteme, koji u matematičkom smislu, predstavljaju dinamičke sisteme opisane kombinacijom algebarskih i diferencijalnih (diferencnih) jednačina, što ne dozvoljava njihovo predstavljanje u klasičnom obliku vektorske diferencijalne (diferencne) jednačine stanja, a samim tim i onemogućava rešavanje tog sistema jednačina uobičajenim metodama koje se koriste za rešavanje “normalnih” sistemema.

U tom smislu, algebarske jednačine predstavljaju ograničenje nametnuto rešenju, odnosno rešavanju dela sistema koji sadrži diferencijalne, odnosno diferencne jednačine.

Za razmatranja koja su ovde od interesa, može se matematički model ovih sistema zapisati u sledećoj formi:

$$E(\cdot)\mathbf{x}(k+1) = A\mathbf{x}(k) + B\mathbf{u}(k),$$

$$\mathbf{x}_i(k) = C\mathbf{x}(k) + D\mathbf{u}(k),$$

gde su date matrice odgovarajućih dimenzija, pri čemu je kvadratna matrica E u nekom smislu obavezno *singularna*. Ovde je iznet model za prinudni radni režim.

U odnosu na tzv. “normalne” sisteme, koji po broju daleko prevazilaze ovde razmatranu klasu sistema, brojni rezultati i praktične primene pokazali su da ovako formirani modeli imaju izvesne prednosti, kao što su:

- Zadržavanje bitnih fizičkih svojstava u samom modelu;
- blisku povezanost sa stvarnim fizičkim promenljivama stanja sistema i, u izvesnom smislu, bolje prikazivanje strukture razmatranog sistema ili procesa;
- ne zahtevaju eliminaciju spregnuto promenljivih veličina, što je i praktično nemoguće u nelinearnim slučajevima;
- ispisivanje bilansnih i drugih jednačina daleko je neposrednije, sa posebnom pogodnošću da su iste iskazane kroz stvarne fizičke veličine;
- matrice koje figurišu u ovim modelima, po pravilu su “šuplje”, što znatno pojednostavljuje numeričke procedure u onim prilikama kada su iste neophodne.

Sama činjenica da su singularni sistemi iskazani kombinacijom algebro-diferencnih jednačina, povlači za sobom niz specifičnosti i osobenosti koje ih jasno izdvajaju i razlikuju u odnosu na tzv. “normalne” sisteme. U tom smislu, razmatranja egzistencije, jedinstvenosti i struktura tih rešenja predstavljaju fundamentalna pitanja, na koja treba globalno odgovoriti, a u svetlu postavljenih ciljeva istraživanja.

Na kraju valja istaći da, ma koliko su sva ta nastojanja išla u pravcu istraživanja njihovih specifičnosti, ipak treba priznati da se sadašnji opšti trend njihovog razmatranja utapa u pokušaje izvođenja rezultata koji proističu iz opšte moderne teorije sistema.

Ovo postaje daleko jasnije ako se shvati činjenica da se osnovna rešenja tih problema na nalaze u celom prostoru stanja, već da ih treba tražiti u nekom njegovom potprostoru.

Deskriptivni (singularni) sistemi se prirodno pojavljuju u mnogim inženjerskim disciplinama i problemima, kao što su električna, elektronska i magnetna kola, u dinamici letelica i robota i velikim energetske sistemima i sistemima sa povratnom spregom, u problemima upravljanja i optimizacije, a takođe i u biologiji, ekonomiji, demografiji i kao graničan slučaj singularno perturbovanih sistema.

Prisustvo čisto vremenskog kašnjenja, bez obzira da li je ono prisutno u upravljanju i/ili u stanju može da proizvede neželjene prelazne karakteristike pa čak i [nestabilnost](#).

Poslednje pomenuti slučaj veoma je čest kada su u pitanju sistemi automatskog upravljanja sa povratnom spregom.

Zbog toga je ovaj problem naišao na veliko interesovanje kod mogih istraživača.

U opštem slučaju razmatranje problema koji uključuje i čisto vremensko kašnjenje povlači daleko složeniju matematičku analizu.

U postojećim kriterijumima stabilnosti za ovu klasu sistema dominiraju dva prilaza.

Jedan koji u kriterijume ne unosi iznos čisto vremenskog kašnjenja, i drugi, manje konzervativni, koji to čini.

U prvom slučaju veoma često se dobijaju, na izgled veoma lepe relacije koje su obično iskazane u vidu čisto algebarskih jednačina ili nejednačina ali je manjkavost evidentna jer se ne sagledava iznos i uticaj čisto vremenskog kašnjenja na stabilnost sistema.

Čak i danas postoji samo manji broj radova koje su se bavili lјapunovskom stabilnošću posebnih klasa vremenski diskretnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem, prisutnim samo u stanju sistema, a posebno njihovom stabilnošću, *Mori et. al* (1982) i o njenim dinamičkim osobinama još uvek se malo zna.

Nešto više svetla u ovu problematiku uneli su brojni radovi, *Stojanović, Debeljković* (2004 – 2009) iako je ostalo još mnogo otvorenih pitanja kada se recimo govori o robusnosti, stabilizaciji i robusnoj stabilizaciji, kada se više zadire u domen sinteze i projektovanja ove klase sistema.

Kao moguća kombinacija prethodnih klasa sistema (sistema sa kašnjenjem i singularnih (deskriptivnih) sistema), valja istaći da postoji veliki broj sistema automatskog upravljanja u kojima je izražen *istovremeni* fenomen čisto vremenskog kašnjenja i evidentna singularnost tako da ova klasa sistema poznata pod imenom *Singularni* (deskriptivni) *sistemi sa kašnjenjem* zaslužuje posebnu pažnju imajući u vidu da nedvosmisleno objedinjuje ranije ukazane specifičnosti pojedinačnih klasa, ovde, opisanih sistema.

Ovi sistemi imaju monoge specifične karakteristike.

Ako želimo da ih rigurozno opišemo, da ih projektujemo sa zavidnim stepenom tačnosti ili da kvalitetno upravljamo njima, mora se tada pokloniti veoma velika pažnja dubokoj spoznaji njihovih suštinskih osobina i posebnosti koje ih u, velikoj meri, razlikuju od drugih klasa sistema.

Čak i danas postoji samo manji broj radova koji su se bavili ovom klasom sistema, a posebno njihovom stabilnošću, i o njenim dinamičkim osobinama još uvek se malo zna.

Ova klasa sistema, pored niza specifičnosti, dodatno je opterećena činjenicom da je u vektoru stanja prisutno i čisto vremensko kašnjenje, koje ovu klasu sistema uvrštava u sisteme konačne dimenzije, čime je matematički tretman istih nešto pojednostavljen u odnosu na vremenski kontinualan slučaj.

Posebnu klasu sistema automatskog upravljanja predstavljaju linearni diskretni deskriptivni sistemi sa prisutnim čistim vremenskim kašnjenjem, najčešće prisutnim u stanju sistema.

Modeli ovih sistema, iskazuju se u prostoru stanja sledećom diferencnom vektorskom jednačinom stanja sa pomerenim argumentom:

$$E(())\mathbf{x}(k+1) = A_{0+1}\mathbf{x}(k) + A_1\mathbf{x}(k-h),$$

i jednačinom izlaza, tipa:

$$\mathbf{x}_i(k) = C\mathbf{x}(k) + D\mathbf{x}(k-h)$$

jasno kada je u pitanju razmatranje dinamike ovih sistema u slobodnom radnom režimu.

Sa h je označeno celobrojno čisto vremensko **kašnjenje**.

Kada su u pitanju posredstvom analize sistema sa stanovišta stabilnosti kandidat se opredelio za dva prilaza.

Naime, u praksi je često od posebnog interesa, ne samo ispitivati stabilnost sistema po Ljapunovu, već je od daleko većeg značaja utvrditi da li trajektorije sistema pri njegovom kretanju u prostoru stanja dosežu ili ostaju unutar ranije propisanih granica.

Sistem može da bude stabilan u smislu Ljapunova a potpuno neupotrebljiv sa stanovišta njegovih pokazatelja kretanja u prostoru stanja. Tu se u prvom redu misli na nedozvoljeni preskok ili neprihvatljivo dugo vreme smirenja.

Zbog toga je sasvim opravdano kretanje sistema posmatrati unutar unapred propisanih granica koje se mogu usvojiti u obliku hiper-cilindra u prostoru stanja koji mogu biti shvaćeni kao skupovi dozvoljenih stanja u kojima se sistem može naći. Isti ti skupovi mogu biti stacionarni ili vremenski promenljivi i potrebno je da budu unapred definisani. Mimo toga, od posebnog je interesa da se i dinamičko ponašanje sistema posmatra na konačnom vremenskom intervalu.

Granice do kojih dostiže odziv sistema bilo u slobodnom bilo u prinudnom radnom režimu predstavlja veoma značajan problem sa inženjersko-tehničke tačke gledišta. Uvažavajući ovu činjenicu pojavio se veliki broj definicija praktične stabilnosti i stabilnosti na konačnom vremenskom intervalu.

Grubo govoreći, ove definicije se baziraju na unapred odredjenim granicama dozvoljenih početnih stanja sistema kao i na dozvoljenim granicama u kojima se očekuje kretanje razmatranog sistema.

U inženjerskim primenama ova činjenica dobija posebno na težini, a nekada postaje i krucijalna kada se, na primer, radi o procenama kretanja sistema u prostoru stanja i neophodnosti uvođenja adekvatnog upravljanja. Samim tim, izučavanje koncepta praktične stabilnosti i stabilnosti na konačnom vremenskom intervalu predstavlja poseban izazov za svakog istraživača, kod klasičnih sistema sa kašnjenjem, kod deskriptivnih (singularnih) sistema a u posebnom slučaju i kod deskriptivnih (*singularnih*) sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem gde se svi ovakvi problemi izuzetno usložnjavaju.

Imajući u vidu iznete činjenice, prirodno je bilo ovaj koncept proširiti i na ovu klasu sistema, gde postoji čitav niz otvorenih pitanja koje treba istražiti i dati konačne rezultate.

Svoju ideju vodilju, oličenu kroz pomenute prilaze proučavanju stabilnosti sistema i usvojene klase sistema, kandidat je realizovao kroz original i skladno oblikovan koncept disertacije, koji se uslovno može iskazati na sledeći način:

GLAVA I Opšti deo – Uvodna razmatranja

GLAVA II Osobine i specifičnosti klasa razmatranih sistema:

Vremenski kontinualni singularni sistemi

Vremenski diskretni deskriptivni sistemi

Vremenski kontinualni sistemi sa kašnjenjem

Vremenski diskretni sistemi sa kašnjenjem

Vremenski kontinualni singularni sistemi sa kašnjenjem

Vremenski diskretni deskriptivni sistemi sa kašnjenjem

GLAVA III Osnovni koncepti stabilnosti i podela kriterijuma stabilnosti

Kriterijumi stabilnosti nezavisni od kašnjenja

Kriterijumi stabilnosti nezavisni od kašnjenja

GLAVA IV Hronološki pregled do sada objavljenih rezultata na polju ljapunovske i neljapunovske stabilnost singularnih (deskriptivnih) sistema sa čistim vremenskim [kašnjenjem](#)

GLAVA V Pregled bazičnih rezultata iz teorije Ljapunovske i neljapunovske stabilnosti u primeni na ovde razmatrane klase sistema

GLAVA VI Novi rezultati – Osnovni doprinosi disertacije

GLAVA VII Zaključci, komentari i poređenje rezultata

GLAVA IX Pravci daljih mogućih istraživanja

LITERATURA

IV STRUKTURA I SADRŽAJ DOKTORSKE DISERTACIJE

Sadržaj doktorske disertacije se može podeliti na nekoliko celina, koje praktično odgovaraju tematski oformljenim glavama.

Ovako idejno sročen koncept doktorske disertacije, skladno je realizovan i pretočen kroz niz posebnih celina, o kojima se može reći sledeće.

Pitanja kao što su postojanje, jedinstvenost rešenja i značaj konzistentnih početnih uslova singularnih sistema, diskutovana su itenzivno u prvom radom delu disertacije. Mimo toga prezentovana su viđenja autora, po pitanjima impulsnog ponašanja singularnih sistema, mogućnosti i uslova formiranja njihovih prenosnih funkcija, specifičnosti kretanja u prostoru stanja kao i neminovna pitanja strukturalnih osobina i numeričkog tretmana istih.

U nastavku tih izlaganja razmatrali su se dekrriptivni sistemi, na analogan način, što je rezultiralo u prezentaciju njihov najznačajnijih osobina oličenih u pitanjima uzročnosti, saglasnih početnih uslova i značaja fundamentalne matrice ove klase sistema.

Nastavljajući istom metodologijom upoznavanja sa tamo razmatranim klasama sistema, kandidat iznosi osnovne osobine i specifičnosti klase linearnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem, kao vremenski kontinualnih tako i diskretnih.

Iscrpan pregled osobina predmetnih klasa sistema, završava se izlaganjem osnovnih osobina posebnih klasa singularnih (deskriptivnih) sistema automatskog upravljanja sa čistim vremenskim kašnjenjem prisutnim u stanju sistema.

Izlažu se veoma značajni prilazi *Campbell*-a i *Wei*-a a za potrebe određivanja kretanja ovih sistema u prostoru stanja kao i odgovarajuće kanoničke forme istih, pogodne za tretman nekih koncepata tehničke stabilnosti sistema i eventualnih iznalaženja odgovarajućih slabih domena asimptotske stabilnosti ili stabilnosti na konačnom vremenskom intervalu.

Snažan podsticaj, za kandidata, predstavljaju izlaganja u glavama gde se daje, nege šira, nege uža, rekapitulacija osnovnih rezultata za diskretne deskriptivne sisteme sa čistim vremenskim kašnjenjem, značajnih za buduća, dalja istraživanja.

Izvestan broj tamo analiziranih rezultata odnosi se i na pitanja savremnog prilaza proučavanju ove klase sistema sa pozicija robusnosti, odnosno za slučajeve kada su u sistemu prisutne nestrukturane ili strukturne neodrživosti.

I konačno završne glave predmetne disertacije završavaju se izlaganjem novih rezultata i doprinosa kako na polju Ljapunovske tako i kada je u pitanju koncept neljapunovske stabilnosti, oličenih u novim definicijama i odgovarajućim novim, [originalnim teoremama](#).

Kroz brojne dodatke dat je prvo uvid u korišćene oznake i pojašnjenje nekih značajnih pojmova iz teorije ekvivalentnih sistema, pseudo-inverzija i matične analize.

Kandidat je pri izradi svoje doktorske disertacije koristio savremene analitičke postupke osnovane na linearnoj algebri, teoriji diferencijalnih jednačina i naprednom kursu matičnog računa.

Nove rezultate izlagao je kako u vremenskom domenu, polazeći u svim slučajevima od modela sistema izraženog u prostoru stanja, svojom vektorskom diferencnom jednačinom stanja i jednačinom izlaza za slobodni radni režim, što ima poseban značaj kada u pitanju linearni višestruko prenosni diskretni deskriptivni sistemi sa kašnjenjem.

U nekoliko slučajeva, za potrebe definitivnog ilustrovanja prezentovanih sopstvenih rezultata kroz numeričke primere, kandidat je koristio jednostavne, savremene programske pakete.

V OCENA DISERTACIJE I

KANDIDATOVE SPOSOBNOSTI ZA SAMOSTALNI NAUČNI RAD

Formiranje novih kriterijuma stabilnosti, za bilo koju klasu sistema automatskog upravljanja, predstavlja veoma značajan i težak zadatak. Posebno kada se radi o linearnim sistemima gde je, uglavnom, najveći broj gorućih problema rešen, zahvaljujući prilzi Ljapunova.

Ne manji problem predstavlja iznalaženje odgovarajući kriterijuma kada je u pitanju neljapunovski koncet.

Poseban izazov ovde predstavlja činjenica da se kandidat našao suočen sa problemom uspostavljanja ovih kriterijuma kod sistema koji sadrže čisto vremensko kašnjenje što se evidentno reperkutuje na složenu formu njihovog matematičkog iskazivanja a što se jednostavno može reći da im je model predstavljen sistemom diferencnih jednačina sa pomerenim argumentom, čije rešavanje, pored izuzetne složenosti, iziskuje i poznavanje odgovarajućih početnih funkcija a ne samo uslova kako je to uobičajeno kod običnih diferencnih jednačina. Ako se svemu tome doda činjenica da je prisutna i singularnost, oličena u postojanju sporog i brzog dela sistema, a iskazana kroz kuplovani sistem algebro - diferencnih jednačina, ova problematika se višestruko usložnjava.

Jasno je da se uvođenjem odgovarajućih kriterijuma stabilnosti neophodnost rešavanja tih složenih, po strukturi, jednačina izbegava.

Značajan doprinos kandidat je iskazao i kroz činjenicu da je svoje bazično izvedene rezultate uspešno primenio i na pojedine klase linearnih diskretnih deskriptivnih sistenma a u formi koja nesetano pruža mogućnost da se iz istih formiraju odgovarajući kriterijumi koji bi adekvatno ukazali na uslove pod kojima je zadovoljena i odgovarajuća robusna stabilnost, što je izlazilo van koncepta predviđenih istraživanja.

Ukoliko bi se nastavilo na ovoj problematici došlo bi se do sigurno značajnih rezultata za ispitivanje osobine robusnosti razmatarnih sistema u prisustvu perturbacija najšireg spektra, o čemu kandidat jasno govori u kontekstu budućih, daljih istraživanja.

Objektivnom i kritičkom analizom sopstvenih kao i rezultata drugih autora kandidat je ukazao na sva ona mesta gde su dobijeni rezultati manje konzervativnosti a i na ona mesta gde su rezultati praktično bili u potpunosti originalni, barem u odnosu na klase razmatranih diskretnih deskriptivnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem.

Svi ovi, novi, originalni rezultati na najbolji način ilustruju činjenicu da je kandidat Mr Nemanja S. Višnjić, dip. inž. maš., ovladao predmetnom materijom do te mere da je u potpunosti sposoban za samostalni naučni, naučno-israživački i [kreativan rad](#).

VI NAUČNI DOPRINOS DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidata Mr Nemanja S. Višnjić, dip. inž. maš., predstavlja snažan i novi teorijski ali i praktično primenljiv rad u kome je pored originalnih priloga razvoju koncepta *ljapunovske* i *neljapunovske* stabilnosti za pojedine klase linearnih diskretnih deskriptivnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem dat niz numeričkih primera koji na najbolji mogući način prikazuju njihovu moguću implementaciju na savremene realne sisteme.

U tom smislu od posebnog je značaja činjenica da je izvedeno nekoliko rezultata koji daju dovoljne uslove *ljapunovske* i *neljapunovske* stabilnosti posebne, pa i *neke opšte* klase linearnih vremenski diskretnih deskriptivnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem i to u formi kriterijuma koji ne uzimaju u obzir iznos čisto vremensko kašnjenja, što predstavlja njihov poseban kvalitet imajući u vidu savremene potrebe inženjerske prakse i računarskog projektovanja.

Svakako da imajući u vidu činjenicu da u opštem slučaju fenomen čisto vremenskog kašnjenja ima negativan efekat na dinamičko ponašanje sistema u celini, posebno kod sistema sa povratnim spregama, bilo bi poželjno poraditi i na uslovima koji bi uključili iznos čisto vremenskog kašnjenja u odgovarajuće kriterijume, što po autor disertacije, predstavlja osnovnu ideju vodilju za dalja, buduća istraživanja.

Spektar ovde ponuđenih rezultata u formi kriterijuma koji ne uzimaju u obzir iznos čisto vremenskog kašnjenja, kompenzuje se njihovom prostom algebarskom formom pogodnom za inženjerska ispitivanja oba koncepta stabilnosti razmatranih klasa sistema.

Posebno pada u oči i činjenica da je dat sveobuhvatni pregled do sada postignutih rezultata na polju predmetne disertacije što omogućava lako sagledavanje novih originalnih rezultata i njihovo poređenje sa već postojećim.

U tom smislu vršeno je poređenje sa već sada klasičnim prilazom (LMI) i objektivno konstatovano da neki ovde izloženi rezultati u konceptu *ljapunovske* stabilnosti zaostaju za postojećim u smislu manje efikasnosti iznalaženja rešenja ali da su, na neki način, superioriniji u prepoznavanju struktura ili delova sistema, koji se mogu proglasiti krivcima za eventualnu nedovoljnu stabilnost ili samu nestabilnost razmatarnog sistema.

Može se lako konstatovati i sledeća činjenica.

Naime, rad to ozbiljnosti i težini sigurno predstavlja značajnu novost u domaćim okvirima, ali neki se od rezultata ove doktorske disertacije očekuje i adekvatan interes međunarodne naučne i stručne javnosti, što se evidentno može uočiti iz već do sada objavljenih radova u časopisima ili radova saopštenih na prestižnim internacionalnim (ACC) konferencijama.

VII ZAKLJUČAK I PREDLOG

Komisija je mišljenja da podneta doktorska disertacija kandidata Mr Nemanja S. Višnjić, dip. inž. maš., predstavlja originalan i vredan naučni rad, koji daje vidan doprinos proširivanju koncepta *ljapunovske* i *neljapunovske* stabilnosti na posebne klase linearnih vremenski diskretnih deskriptivnih sistema automatskog upravljanja sa čistim vremenskim [kašnjenjem](#).

Drugi, ne manje značajni doprinos leži u formiranju novog, kriterijuma za sveopštu klasu ovde razmatranih sistema, koji otklanja prethodna ograničenja, dugi niz godina prisutna u literaturi.

Ova disertacija ima i praktičan značaj jer se izneti rezultati bez problema mogu implementirati u sve one realne probleme u kojim je zastupljena predmeta klasa sistema automatskog upravljanja.

Imajući u vidu prethodno iznete činjenice Komisija je slobodna da predloži Naučno – nastavnom veću Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu da doktorsku disertaciju kandidata Mr Nemanja S. Višnjić, dip. inž. maš., pod naslovom: **Ljapunovska i neljapunovska stabilnost linearnih singularnih sistema sa čistim vremenskim kašnjenjem** prihvati i izloži na uvid javnosti a u skladu sa odredbama Zakona i u slučaju da nema prigovora na samu disertaciju i Izveštaj Komisije, u zakonskom roku, zakaže javnu odbranu pred Komisijom u navedenom sastavu.

Sa poštovanjem

ČLANOVI KOMISIJE

1. Dr Dragutin Lj. Debeljković, prof.

**2. Dr Sreten B. Stojanović, docent Tehološki fak.
Leskovac**

3. Dr Mihailo P. Lazarević, prof.

Beograd 09.02.2010.god.