



UNIVERZITET U BEOGRADU  
MAŠINSKI FAKULTET



Miloš GLAVONJIĆ  
Branko KOKOTOVIĆ  
Saša ŽIVANOVIĆ

# MAŠINE ALATKE Praktikum



Beograd, 2023.



Univerzitet u Beogradu  
Mašinski fakultet



Miloš Glavonjić  
Branko Kokotović  
Saša Živanović

# MAŠINE ALATKE Praktikum

Beograd, 2023.

Autori:

dr Miloš Glavonjić, redovni profesor u penziji  
dr Branko Kokotović, docent  
dr Saša Živanović, redovni profesor

## **MAŠINE ALATKE. PRAKTIKUM**

1. izdanje

---

Rezenzenti:

dr Milan Zeljković, redovni profesor u penziji  
dr Radovan Puzović, redovni profesor

Izdavač:

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu  
11120 Beograd, Kraljice Marije 16,

Za izdavača: Dekan, prof. dr Vladimir Popović

Glavni i odgovorni urednik: prof. dr Milan Lečić

Odobreno za štampu odlukom Dekana Mašinskog fakulteta u Beogradu br. 11/2023 od 17.07. 2023. godine

Štampa:

Planeta print, Beograd

Tiraž: 100 primeraka

ISBN-978-86-6060-163-8

---

© Autori i Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet.  
Zabranjeno preštampavanje i umnožavanje.  
Sva prava zadržavaju izdavač i autori.

Prvo je opisana *forma Praktikum*a, a onda je obrazložena i njegova *osnovna namena*.

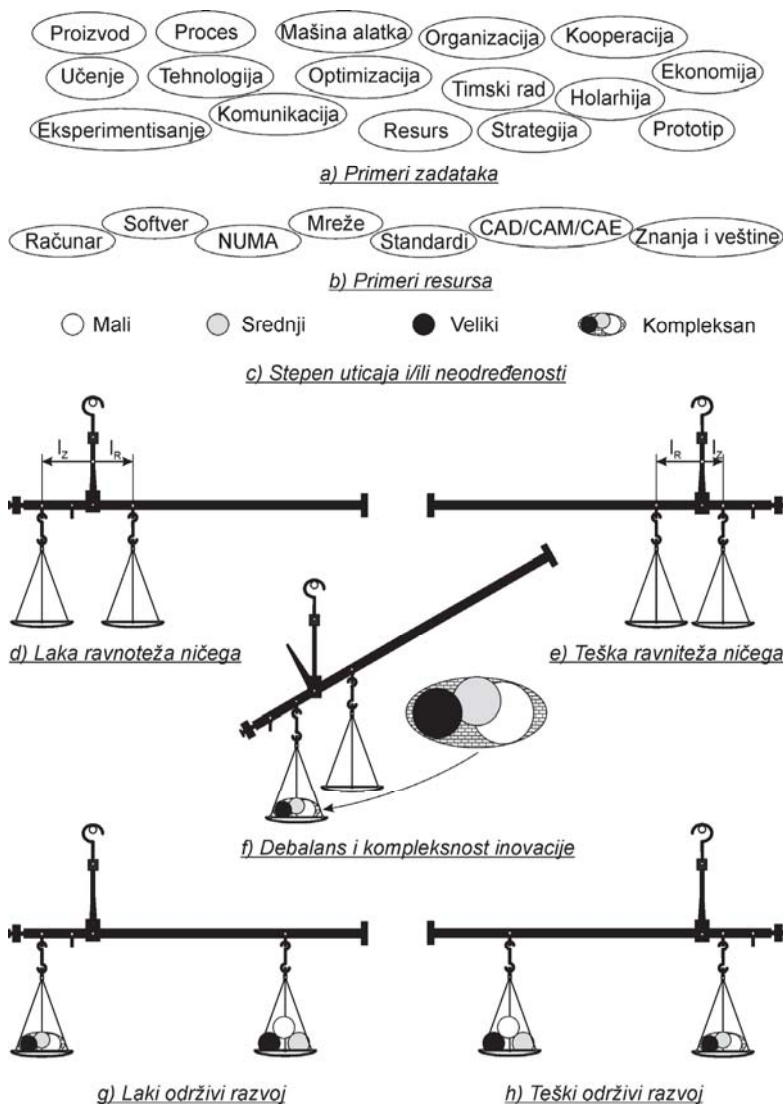
**Forma Praktikum**a. Na početku su Opis Laboratorije za mašine alatke na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu i Uvod u laboratorijske vežbe iz Mašina alatki. Iza toga su uputstva za izvođenje sedamnaest laboratorijskih vežbi, na grupi predmeta Mašine alatke na osnovnim i master akademskim studijama, po planu nastave na Katedri za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Forma tih uputstava je uniformna: (i) Zadatak, (ii) Vodič, (iii) Uputstvo za rad i (iv) Dodatak, sa primerom kompletnog Izveštaja sa obavljene laboratorijske vežbe. Obrasci za ove izveštaje stoje na sajtu predmeta za koji je vežba planirana. Za svaku aktiviranu vežbu pokreće se uobičajena procedura sa sledećim koracima K: (K1) Priprema za vežbu, kao auditorna vežba za sve polaznike kursa, (K2) Samostalna priprema polaznika za vežbu, po dobijenom zadatku i posle auditorne vežbe, (K3) Samostalni rad u Laboratoriji za Mašine alatke u maloj grupi, po posebnom rasporedu, dobijenom pojedinačnom zadatku i uz nadzor i pomoć instruktora i (K4) Kompletiranje Izveštaja sa upravo obavljene vežbe i to na kraju same vežbe. Oznaka vežbe ima sledeću strukturu: LVrb\_P, gde je LV (**L**aboratorijska **V**ežba) fiksni deo oznake, rb (**r**edni **b**roj) je redni broj vežbe, P je oznaka predmeta za koji je vežba planirana (**B** za Mašine alatke na Osnovnim akademskim studijama-OAS, i **M** za Mašine alatke M na Master akademskim studijama-MAS). Ovi predmeti, kao i Završni predmet Mašine alatke na OAS i Mašine alatke i roboti nove generacije na MAS, činili su grupu predmeta Mašine alatke na Katedri za proizvodno mašinstvo u vreme završavanja Praktikum, 2023. godine. Na primer, sa LV3\_B je označena vežba sa rednim brojem 3 i nazivom *Statističko ispitivanje radne tačnosti numerički upravljanoj struga*, planirana za predmet Mašine alatke na OAS. U formi Praktikum je specifično sledeće:

- Spiskovi referenci su u poglavlju L\_L Literatura na kraju Praktikum, uređenom po uvodnim poglavljima i pojedinačnim vežbama. Na primer, reference za ovaj Predgovor su na početku poglavlja L\_L i numerisane su počev sa [P.1], reference za LV14\_M numerisane su počev sa [14.1], jer je redni broj vežbe (rb) uniformno rastući i jedinstven za sve vežbe. Vežbe u ovom Praktikum su formirane tokom dugogodišnjeg izvođenja i usavršavanja nastave iz Mašina alatki na Katedri za proizvodno mašinstvo i pažljivog doziranja laboratorijskog rada. Zato su reference za svaku vežbu specifične, jer su birane prema koncepcijama vežbi, pa korišćene dok su vežbe uhodavane u Laboratoriji za Mašine alatke.
- Oznake slika su skraćene: slika broj 2 za vežbu LV14\_M ima oznaku **Slv14.2** (**S** od **S**lika, **lv14** od **L**aboratorijska **V**ežba broj **14**, **2** od rednog broja **2** slike u uputstvu za tu vežbu, u poglavlju LV14\_M). U tekstu se ova slika poziva sa **Slv14.2** (... pokazano je na **Slv14.2**, oznaka slike kao **bold**, bez dupliranja pojma slika, odnosno, ne ovako: ... pokazano je na slici **Slv14.2**, kao što bi bilo i kada se kaže PC računar). U naslovu slike stoji **Slv14.2** (**bold italic**) *pa naslov (Merni ...)*, ispod slike i centrirano.
- Oznake tablica su takođe skraćene po šemi za oznaku slike: tablica broj 1 za vežbu LV14\_M ima oznaku **Tlv14.1** (**T** od **T**ablica, **lv14** od **L**aboratorijska **V**ežba broj **14**, **1** od rednog broja **1** tablice u uputstvu za tu vežbu, u poglavlju LV14\_M). Pravilo za pozivanje tablice je kao i za sliku. Naslov tablice je na njenom vrhu. Oznaka je takođe **bold**, ali ne i *italic*, sa levim ravnanjem (**Tlv14.1** Test kružne ...).
- Sva poglavlja su koncizna i namenjena su za postepeno raspakivanje: u toku pripreme za laboratorijsku vežbu (na auditornoj vežbi i samostalno posle te vežbe), u toku samostalnog rada na vežbi u Laboratoriji i kroz završno formiranje sopstvenog dokumenta o toj vežbi i sastavljanja Izveštaja na kraju vežbe.

U ovakvu formu je uklopljen ceo Praktikum. Procedura za svaku vežbu je nalik proceduri za prvu obavljenu vežbu, bez obzira da li se svaka nova vežba odnosi na ispitivanje mašine, rukovanje, neku identifikaciju, programiranje, ili neku drugu temu. Osnovni motivi su: postepeno uvođenje u vežbu i pokušaj da se na vežbi bar nešto uradi samostalno, o urađenom stekne neko iskustvo i o svemu sastavi Izveštaj.

**Osnovna namena Praktikum**a. U vreme kompletiranja Praktikum (2023. godine) Proizvodno mašinstvo je u visokom školstvu u Srbiji napunilo oko 130 godina [P.1]. U vremenu posle Drugog svetskog rata tradiciju su gradili profesori Stanković [P.2,P.3,P.4,P.5] i Milačić [P.6,P.7], u okruženju druge industrijske revolucije, na bazi osnovnih resursa računar i numeričko upravljanje i sa neprekidnim uzajamnim praćenjem novih proizvoda, tehnologija za njih i mašina alatki za te tehnologije. U tom praćenju se stvaraju neki debalansi, koje treba ponovo uravnotežiti nekim radom, pa stvoriti uslove za neki novi debalans, time i napredak, kako se vreme ne bi trošilo uzalud, što je ilustrovano na **Sp.1**. Nekim zadatkom sa skice **a**) pokreće se plan razvoja (u kojem se obično realizuje neka inovacija) i računa se na neki od resursa sa skice **b**), uzdajući se u ispravnost procene kompleksnosti inovacije i stepena efektivnosti planiranih resursa, odnosno, valjanosti raspoloživog znanja o otvorenoj temi. Ceo model na **Sp.1** nije predmet ovog Praktikum, nego povod za zaključak da se znanje o mašinama alatkama i mašinskoj obradi mora sticati u ispitivanju, programiranju i korišćenju mašina alatki i u identifikaciji tipičnih procesa obrade. Izvesnu određenost u modelu na **Sp.1** unosi

fiksiranje kraka  $l_z$  zadatka, pa se tako može lakše podesiti krak  $l_R$  resursa, da bi se uspostavio novi balans sa inovacijom.



#### Komentar:

U ovom modelu se zadacima postavlja plan za neko napredovanje, neki razvoj. Računa se sa nekim resursima, koji svakako moraju biti dobro proučeni i koji se mogu umešno koristiti. U ovom modelu znanja o nečemu, ili za nešto, uticaji nečega na nešto i druge mere poznavanja pokrenutog razvoja mogu biti u gradacijama: mali, srednji, veliki i kompleksan, već prema tome sa kojim se uspehom može oceniti na osnovu raspoloživih znanja i iskustava. Sama procedura održivog razvoja je komplikovanija nego što je ovde prikazana i nije tema ove ilustracije. Povod je drugačiji: kažu da se u dolaženju do novog proizvoda sa efektom 100:1 koristi projekat proizvoda, sa 10:1 projekat tehnologije, a samo sa 1:1 mašinska obrada, time i mašina alatka. Prema tome, lošim projektom proizvoda prave se najveći problemi, ali će proizvod ipak biti napravljen ako mašine alatke obave svoju misiju, mašinsku obradu. Zbog toga o mašinama alatkama treba imati znanja, veštine i iskustva u svim detaljima, zanatskim i inženjerskim, klasičnim i modernim itd.

Osnovu modela čini kantar. Pomoću njega su se oduvek uravnotežavali različiti interesi: onog koji meri i onog kojem se meri. Oni su ovde ipak imenovani kao subjekti, svaki za svoju misiju, a ne da je jedan objekat u toku uravnotežavanja interesa. Kantar ima laku stranu, kojom se mere manje mase, kao na skicama **d)** i **g)** i težu stranu, za veće mase, kao na skicama **e)**, **f)** i **h)**. Ravnoteža ničega je pripremno stanje: za podešavanje i pripremu sistema za uključivanje subjekata u rad, ali i dokolica, ignorisanje unapređivanja itd. U misiji mašina alatki tipičan slučaj je neka inovacija (novi proizvod), za koju je nađena tehnologija, pa je za njenu realizaciju potrebna mašina alatka. To je sledeće stanje, prikazano kao debalans stvoren takvom inovacijom i ilustrovan je na skici **f)**. Debalans je kompleksan: tek treba da se uravnoteži, nije ranije postojao, obično se ne zna sve o njemu. Svakako ima uočene male, srednje i velike zahteve, ali i neku skrivenu strukturu, ilustrovanu jednostavnim slogom cigli. Završno stanje je rešen postavljenu zadatak sa skice **f)**, kako je ilustrovano na skicama **g)** i **h)**: nađeni su resursi za rešavanje, a prikazani su u grupama sa malim, srednjim i velikim uticajima. Ovakav razvoj se smatra održivim i baziran je na mašinama alatkama. Prikazan je u samo tri stanja, pa je prividno statičan. I mašina alatka može biti novi debalans, a mogu ga uravnotežiti samo druge mašine alatke itd.

#### Sp.1 Jedan model održivog razvoja pomoću mašina alatki

Za lakše formulisanje osnovne namene ovog Praktikum navešće se: (i) jedna definicija mašine alatke, (ii) elementi klasifikacije mašina alatki i obradnih sistema, (iii) karakteristična svojstva mašina alatki i (iv) osnovna struktura mašine alatke [P.8].

*Jedna definicija mašine alatke.* Mašina alatka je *mašina*, koja nema ručni pogon, već motorni i koja materijal obrađuje rezanjem, plastičnim deformisanjem, fizičko-hemijskim tretiranjem, ili nekom kombinacijom ovih postupaka [P.8]. Nadređeni pojam ovde je *mašina*: *Mašina* je kombinacija čvrstih tela, tako uređenih da se pomoću njih mogu iskoristiti prirodne sile za vršenje rada, uz *neka propisana kretanja* [P.9]. Na primer, koristi se električna, energija, koja se dovodi iz elektrana itd. Preko definicije mašine je u definiciju mašine alatke uvedeno (standardizovano) relativno kretanje alata u odnosu na obradak, kao *neka propisana kretanja*. To je kinematički podsistem mašine alatke, prvenstveno mašine za obradu rezanjem, ali i drugih mašina alatki.

*Elementi klasifikacije mašina alatki i obradnih sistema.* Za klasifikacije svake vrste potrebno je postaviti ilustrativne kriterijume, po kojima se mogu razvrstavati sve jedinice definisanog pojma. Primeri kriterijuma su:

- Procesi koji se na mašini mogu izvršiti. Kriterijum može biti i klasifikacija procesa po standardu DIN 8580 [P.10]. Procesu ima 6 glavnih grupa (livenje, oblikovanje, odvajanje, spajanje, oslojavanje i promena svojstava materijala). Svaka od glavnih grupa ima svoje grupe, a svaka od grupa svoje podgrupe. Može se postaviti pitanje pokrivenosti nekog savremenog procesa ovom klasifikacijom po DIN 8580, na primer izrada dodavanjem materijala (svojstvena brzom izradi prototipova). Jedan odgovor je: četvrta glavna grupa spajanje klasifikovana je po standardu 8593, deo 0, na devet grupa. Jedna grupa je 4.8 Lepljenje, po standardu DIN 8593, deo 8. U ove procese bi se mogla svrstati izrada prototipova dodavanjem lisnatog materijala pomoću lepljenja i iskrajanja tog sloja itd. Na osnovu ove klasifikacije procesa bio je napravljen i standard DIN 69651, u kojem je bila klasifikacija mašina alatki na osnovu procesa koji se na njima vrše. Taj standard je povučen. To je i znak da je još uvek teško ustaliti klasifikaciju mašina alatki.
- Namena mašine, opisana specifičnim delovima koji se na njoj mogu obraditi, uključujući i specijalne.
- Vrsta upravljanja, mogući metodi programiranja, broj osa, mogućnost merenja pomoću merne glave itd.

*Karakteristična svojstva mašina alatki.* Neka od svojstava mašina alatki su:

- Mogu da imaju potrebnu snagu, pa i svakako veću od oko 125 W, kolika je prosečna snaga čoveka.
- Pomoću njih se mogu napraviti razni geometrijski oblici, a time i delovi raznih mašina, jer se to može ostvariti upravljanjem relativnog kretanja alata u odnosu na obradak. To je istovremeno i glavni domet koncepcije mašine alatke sa numeričkim upravljanjem: takve mašine se programiraju pomoću alfanumeričkih podataka o geometriji i tehnologiji mašinskog (ili nekog drugog) dela, koji treba napraviti. Ti podaci se formatizuju kao program, čiji je format prilagođen koncepciji mašine, na kojoj treba da se izvrši. Zbog toga se kaže da se mašine alatke koriste za izradu svih mašina, pa i mašina alatki.
- Mašine alatke imaju neko upravljanje, pa se mogu podesiti za izradu raznovrsnih proizvoda putem pokretanja programa za svaki od tih proizvoda posebno. Još uvek je glavni format programa G kôd, po standardima RS 274D, odnosno ISO 6983.

*Osnovna struktura mašine alatke.* Uobičajeno je da se struktura mašine alatke posmatra kao sistem ova tri podsistema [P.11]:

- Noseća struktura. Nju obično čine: nepokretni član mehanizma mašine i njegovi obližnji glavni članovi, po nekoj od uobičajenih definicija mehanizma [P.9]: *Mehanizam* je sprega čvrstih tela, povezanih pokretnim vezama, radi formiranja zatvorenog kinematičkog lanca, sa jednim nepokretnim članom, za ostvarivanje neke transformacije kretanja.
- Pogoni, prenosnici i aktuatori, gde se pod pogonima posmatraju motori (obrotni, ili translatorni). Podrazumeva se da se na tim motorima upravlja i njihovom brzinom i njihovom pozicijom. Tako se ostvaruje i pravilnost programiranog relativnog kretanja alata u odnosu na obradak, ali i tačnost obrađenih geometrijskih oblika, koji se postepeno slažu u mašinske delove, a oni u sklopove i mašine.
- Upravljanje i programiranje, od čega je upravljanje svojstveno mašini, a programiranje može biti vršeno na mašini i/ili van nje. Programiranjem se opisuje geometrija gotovog dela i zadaju brzine relativnog kretanja alata u odnosu na obradak, dok on prati tu geometriju.

Na osnovu ovoga se može dati i opis osnovne namene Praktikum. Ako je mašina alatka jedina među mašinama, na kojoj mogu da se naprave delovi za mašine alatke i druge mašine, pribore i slično, ako može da ima dovoljnu snagu da tu mašinsku obradu podesi po kapacitetu i tačnosti, ako ima podsistem za upravljanje baziran na računaru i ako se može programirati za ove poslove pomoću raznih CAD/CAM sistema, onda je više nego jasno da je to resurs koji treba strpljivo proučavati, koji treba ispitivati na prazno i u radu, na kojem treba ispitivati i valjanost odvijanja raznih procesa obrade, koji treba znati umešno programirati, koji treba umeti pripremiti za rad i kojim treba znati rukovati, ako se planira bilo kakvo njegovo korišćenje. Krajnji cilj je da onaj efekat 1:1, sa **Sp.1**, bude ostvariv u svakom trenutku tačno, brzo i ekonomično, bez izuzetka. U doba školovanja Praktikum je za to namenjen, kako je i ilustrovano na **Sp.2**.



a) Primer rada u Laboratoriji za mašine alatke na jednoj laboratorijskoj vežbi

	Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet. <b>MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>RADNI LIST ZA STRUG</b>	Obrazac: MA.LV1.01	
			Rb. 147/89	List 1/1
***				
<b>PLAN ALATA</b>				
RB	Alat	Standard	Smer M3/4	Držači alata
1	Nož za poprečnu grubu obradu	SRPS K.C.1.016:1968	M3	D1: Brzoizmenljivi držač noža
2	Nož za spolj. uzdužnu obradu	ISO 5608-1989	M3	D2: Držač pločice CTGP Brzoizmenljivi držač noža



c) Primer rezultata rada na jednoj laboratorijskoj vežbi

b) Deo Izveštaja sa jedne laboratorijske vežbe

 КАТЕДРА ЗА ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО  Предмет: <b>МАШИНЕ АЛАТКЕ</b>	 КАТЕДРА ЗА ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО  Предмет: <b>МАШИНЕ АЛАТКЕ</b>																																																																			
<b>ИЗВЕШТАЈИ СА ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ВЕЖБИ</b>	<b>ЕЛАБОРАТ</b>																																																																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">Поени за лабораторijske vežbe:</td> <td colspan="3">Напомена: Датум одржавања сваке лабораторijske vežbe понавља се више на почетку курса. Вежбе се изводе у Лабораторiji за машинске алатке и не могу се понављати. Вежбе ће бити одложене само у случају појаве више силе. У Лабораторiji студенти раде самостално па је потребно да се за то припреме бар на ПЛ-1, ПЛ-2, ПЛ-5, ПЛ-7!</td> </tr> <tr> <td>Сваки комплетан извештај вреди по 2.5 поена, а одбрана сваког извештаја по 1.5 поен.</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>ПЛ-3</td> <td>Име и презиме:</td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>ПЛ-4</td> <td>Број индекса:</td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>ПЛ-6</td> <td>Група:</td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>ПЛ-8</td> <td>Наставници:</td> <td>Проф. др Саша Живановић Доц. др Бранко Кокотовић</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Укупан број поена за лабораторijske vežbe:</td> <td>Асистент:</td> <td>Никола Воркапић</td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Оверно:</td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Поени за лабораторijske vežbe:	Напомена: Датум одржавања сваке лабораторijske vežbe понавља се више на почетку курса. Вежбе се изводе у Лабораторiji за машинске алатке и не могу се понављати. Вежбе ће бити одложене само у случају појаве више силе. У Лабораторiji студенти раде самостално па је потребно да се за то припреме бар на ПЛ-1, ПЛ-2, ПЛ-5, ПЛ-7!			Сваки комплетан извештај вреди по 2.5 поена, а одбрана сваког извештаја по 1.5 поен.				ПЛ-3	Име и презиме:			ПЛ-4	Број индекса:			ПЛ-6	Група:			ПЛ-8	Наставници:	Проф. др Саша Живановић Доц. др Бранко Кокотовић		Укупан број поена за лабораторijske vežbe:	Асистент:	Никола Воркапић			Оверно:			<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Укупан број поена на тестовима:</td> <td> </td> <td rowspan="5" style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Укупан број поена на колковјумима:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Укупан број поена за домаће задатке:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Укупан број поена за семинарски рад:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Укупан број поена на укупном испиту:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Број поена за елаборат:</td> <td>Име и презиме:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Број индекса:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Број поена за презентацију елабората:</td> <td>Група:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Наставници:</td> <td>Проф. др Саша Живановић Доц. др Бранко Кокотовић</td> </tr> <tr> <td>Укупан број поена за елаборат:</td> <td>Асистент:</td> <td>Никола Воркапић</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Оверно:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>ΣΣ УКУПАН БРОЈ ПОЕНА ЗА ПРЕДМЕТ:</td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>ΣΣ ЗАВРШНА ОЦЕНА:</td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Укупан број поена на тестовима:			Укупан број поена на колковјумима:		Укупан број поена за домаће задатке:		Укупан број поена за семинарски рад:		Укупан број поена на укупном испиту:		Број поена за елаборат:	Име и презиме:			Број индекса:		Број поена за презентацију елабората:	Група:			Наставници:	Проф. др Саша Живановић Доц. др Бранко Кокотовић	Укупан број поена за елаборат:	Асистент:	Никола Воркапић		Оверно:		ΣΣ УКУПАН БРОЈ ПОЕНА ЗА ПРЕДМЕТ:			ΣΣ ЗАВРШНА ОЦЕНА:		
Поени за лабораторijske vežbe:	Напомена: Датум одржавања сваке лабораторijske vežbe понавља се више на почетку курса. Вежбе се изводе у Лабораторiji за машинске алатке и не могу се понављати. Вежбе ће бити одложене само у случају појаве више силе. У Лабораторiji студенти раде самостално па је потребно да се за то припреме бар на ПЛ-1, ПЛ-2, ПЛ-5, ПЛ-7!																																																																			
Сваки комплетан извештај вреди по 2.5 поена, а одбрана сваког извештаја по 1.5 поен.																																																																				
ПЛ-3	Име и презиме:																																																																			
ПЛ-4	Број индекса:																																																																			
ПЛ-6	Група:																																																																			
ПЛ-8	Наставници:	Проф. др Саша Живановић Доц. др Бранко Кокотовић																																																																		
Укупан број поена за лабораторijske vežbe:	Асистент:	Никола Воркапић																																																																		
	Оверно:																																																																			
Укупан број поена на тестовима:																																																																				
Укупан број поена на колковјумима:																																																																				
Укупан број поена за домаће задатке:																																																																				
Укупан број поена за семинарски рад:																																																																				
Укупан број поена на укупном испиту:																																																																				
Број поена за елаборат:	Име и презиме:																																																																			
	Број индекса:																																																																			
Број поена за презентацију елабората:	Група:																																																																			
	Наставници:	Проф. др Саша Живановић Доц. др Бранко Кокотовић																																																																		
Укупан број поена за елаборат:	Асистент:	Никола Воркапић																																																																		
	Оверно:																																																																			
ΣΣ УКУПАН БРОЈ ПОЕНА ЗА ПРЕДМЕТ:																																																																				
ΣΣ ЗАВРШНА ОЦЕНА:																																																																				
Школска година: 2022/2023.	Школска година: 2022/2023.																																																																			

d) Naslovna strana Elaborata sa izveštajima sa laboratorijskih vežbi

e) Naslovna strana Elaborata za svu dokumentaciju formiranu za vreme trajanja jednog kursa

### Sp.2 Primeri rada i rezultata rada uz korišćenje Praktikumа

Za vreme pohađanja nastave na jednom iz grupe predmeta Mašine alatke postepeno se formira Elaborat za predmet. Njegov deo je i Elaborat sa laboratorijskih vežbi. To sve studentu ostaje kao podsetnik na vreme kada je radio kako je programom tog predmeta bilo propisano i koliko je od svega toga želeo i da obavi.

U Beogradu, 2023. godine

Autori

<b>SADRŽAJ</b>	<b>MAŠINE ALATKE. PRAKTIKUM</b>	
<b>L_MA</b>	Laboratorija za mašine alatke	<b>1</b>
<b>LV0_B</b>	Uvod u laboratorijske vežbe iz Mašina alatki	<b>7</b>
<b>LV1_B</b>	Rukovanje i ručno upravljanje mašinama alatkama tipa MAS	<b>19</b>
<b>LV2_B</b>	Identifikacija glavnih faktora obrade lima fazonskim savijanjem	<b>27</b>
<b>LV3_B</b>	Statističko ispitivanje radne tačnosti numerički upravljanog struga	<b>40</b>
<b>LV4_B</b>	Ručno programiranje NUMA na primeru dvoosnog revolver struga	<b>50</b>
<b>LV5_B</b>	Ručno programiranje NUMA na primeru obradnog centra	<b>70</b>
<b>LV6_B</b>	Parametarsko programiranje numerički upravljanog struga Potisje PH42-CNC	<b>88</b>
<b>LV7_B</b>	Parametarsko programiranje obradnog centra LOLA HMC500	<b>98</b>
<b>LV8_B</b>	Stupnjeviti prenosnici za glavna obrtna kretanja	<b>108</b>
<b>LV9_B</b>	Stupnjeviti prenosnici za pomoćna kretanja	<b>116</b>
<b>LV10_M</b>	Statička krutost obradnog sistema	<b>124</b>
<b>LV11_M</b>	Ispitivanje tačnosti strugova	<b>134</b>
<b>LV12_M</b>	Radna tačnost numerički upravljanih glodalica	<b>144</b>
<b>LV13_M</b>	Test kružne interpolacije po standardu ISO 230-4:2005	<b>152</b>
<b>LV14_M</b>	Konfigurisanje i programiranje stone rekonfigurabilne mašine alatke MOMA otvorene arhitekture upravljanja	<b>167</b>
<b>LV15_M</b>	Programiranje funkcionalnog simulatora PaKiCUT troosnih mašina sa paralelnom kinematikom	<b>204</b>
<b>LV16_M</b>	Objektno programiranje numerički upravljanih mašina alatki	<b>218</b>
<b>LV17_M</b>	Primer eksperimentalne modalne analize za sistem sa dva stepena slobode	<b>234</b>
<b>L_L</b>	Literatura	<b>249</b>



U Laboratoriji za mašine alatke<sup>1</sup> potrebno je sprovesti neku od analiza mašina alatki i/ili procesa i/ili obradnih sistema u celini, ili samostalno napraviti deo zadatog proizvoda. Na raspolaganju je mreža resursa u kojoj se mogu osnovati pojedinačna radna mesta za svaku planiranu laboratorijsku vežbu. To je deo resursa za učenje o mašinama alatkama uz laboratorijski rad. On može biti organizovan kao niz pojedinačnih vežbi, usklađenih sa tokom predavanja, ali i kao niz vežbi, odabranih i uređenih tako da njihov rezultat bude neki od zadatah proizvoda za tekući modul nastave, ili za kurs u celini. Opisanih vežbi ima i više nego što se može obaviti u trajanju jednog kursa. Među njima ima i različitih po tipu: pokaznih i radnih [L.1, L.2]. Poruke o njima su:

- Pokazne laboratorijske vežbe služe za bliže upoznavanje sa nekim detaljima, korisnim za izradu zadataka i/ili za dalji samostalni rad u Laboratoriji.
- Radne laboratorijske vežbe imaju propisan predmet analize, resurse i protokol.
- Svaka laboratorijska vežba završava se izradom Izveštaja na dan samog održavanja te vežbe.
- Za pokazne vežbe se ne vrši samostalno uključivanje i puštanje resursa u rad. Zbog toga nije potrebno prisustvo rukovaoca resursa. Izvode se po planu rada Laboratorije i uz prisustvo laboranta i/ili konsultanta i/ili uz korišćenje raspoloživih uputstava.
- Za radne vežbe vrši se i samostalno uključivanje i puštanje resursa u rad. Zbog toga se ove vežbe odvijaju samo uz prisustvo rukovaoca resursa i uz pridržavanje pravila i/ili propisa o bezbednosti i zdravlju na radu u Laboratoriji [L.3]. Pre početka rada pored resursa treba naći i pridržavati se uputstava za pripremu za rad (nalik onima sa **SI.1**), a za vreme rada nalik onima sa **SI.2** i usmenih uputstava laboranta i rukovaoca resursa!
- U vreme pripreme ovog Praktikuma Laboratorija za mašine alatke mogla je da se prepozna i po resursima pokazanim na **SI.3**. Za njihovu analizu posebno se čuvaju merni instrumenti pokazani na **SI.4**. Laboratorija za mašine alatke zato se može posmatrati i kao mreža resursa. Njena zatečena struktura je pokazana na **SI.5**.

**Pre početka rada u Laboratoriji za mašine alatke:**

**Proveri da li u svakom momentu znaš**

Mesto najbliže kutije sa paketom prve pomoći?

Mesto najbližeg protivpožarnog aparata i pravila za njegovu upotrebu?

Mesto boravka najbližih kolega i da li su i oni upoznati sa mestom Tvog rada?

Vizuelno proveri ispravnost spoljašnjih električnih vodova i utičnice!

Vizuelno proveri kompletnost i ispravnost osnovnih mehaničkih sklopova!

Proveri nivoe ulja u prenosnicima i agregatima!

**Eventualne neispravnosti odmah prijavi laborantu!**

**SI.1** Neka od upozorenja o obaveznoj ličnoj bezbednosti<sup>2</sup> pre početka angažovanja resursa Laboratorije

<sup>1</sup> Laboratorija za mašine alatke (Laboratorija za obradne sisteme) nalazi se u Zavodu za mašine alatke Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Sastoji se od svih radnih mesta za laboratorijske vežbe grupe predmeta Mašine alatke.

<sup>2</sup> Po odredbama Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu [L.3].

## LV0\_B

## UVOD U LABORATORIJSKE VEŽBE IZ MAŠINA ALATKI

Ovo je uvodna laboratorijska vežba, koja se izvodi na početku slušanja predmeta Mašine alatke, na Osnovnim akademskim studijama. Namijenjena je za upoznavanje studenata sa Laboratorijom za mašine alatke, raspoloživim resursima za vežbanje, metodom rada na laboratorijskim vežbama itd.

I ovo, kao i sva ostala uputstva iz ovog Praktikumuma, sadrži uobičajene celine, kojima se postavlja jedna laboratorijska vežba za grupu predmeta Mašine alatke: Zadatak, Vodič, Uputstvo za rad i Dodatak. Dodatak može biti formatizovan kao komplet koji sadrži obrasce za izveštaje sa laboratorijskih vežbi, ili neka dodatna objašnjenja, ili primere formiranih izveštaja. Ova laboratorijska vežba se izvodi u prvom danu, bez uobičajene pripreme, koja se vrši unapred za sve ostale laboratorijske vežbe i na posebnoj auditornoj vežbi. Zato su u Dodatku ovog Uputstva baš obrasci za Izveštaj. Svaki student samostalno priprema svoj Izveštaj i povezuje ga u svoj Elaborat za predmet u odeljku o laboratorijskim vežbama.

### LV0.1 ZADATAK

Potrebno je u raspoloživom vremenu uraditi sledeće zadatke (**Tlv0.1**):

- A: Odrediti mernu nesigurnost mernog sredstva na primeru mikrometra, izvršiti nekoliko merenja dužina, izvršiti nekoliko merenja odstupanja oblika i položaja i sprovesti fragment ispitivanja jedne mašine alatke i
- B: Pripremiti i sprovesti jednu akviziciju i obradu eksperimentalnih podataka.

Posle određivanja merne nesigurnosti izabranog mernog sredstva i obavljenih merenja (**Slv0.1**) i sprovođenja fragmenta ispitivanja mašine alatke, potrebno je dobijene rezultate uneti u obrazac izveštaja sa ove laboratorijske vežbe, **MA.LV0.01**. Drugi deo ispitivanja se odnosi na akviziciju i obradu eksperimentalnih podataka, za koje se takođe popunjava izveštaj sa podacima o pripremi i radu sistema za akviziciju i sa rezultatima obrade podataka. Radi se redom na četiri radna mesta: A1, A2 sa A3, A4 i B.


<b>Tlv0.1</b> Radna mesta za uvodnu laboratorijsku vežbu, LV0 B	
<b>Radna mesta:</b>	<b>Priprema radnih mesta:</b>
A1: Određivanje merne nesigurnosti izabranog mernog sredstva	Pripremljena 24 cilindrična kontrolnika poznate nominalne mere. Svaki kontrolnik je obeležen rednim brojem u grupi od 24 komada. Ispitivani mikrometar je podešen na nominalnu meru kontrolnika, <b>Slv0.2</b> .
A2: Merenje dužina	Pripremljena merna sredstva: kljunasto pomično merilo i mikrometar. Pripremljeni delovi za merenje, <b>Slv0.3</b> .
A3: Merenje odstupanja oblika i položaja	Pripremljena merna sredstva: 3 komparatora sa držačima. Staljak za stezanje između šiljaka i prizma. Oprema se postavlja kao na <b>Slv0.4</b> .
A4: Fragment ispitivanja mašine alatke	Pripremljeno radno mesto na univerzalnom strugu Škoda. Pripremljeni merni trn, merni valjak, fiskni šiljci i komparator sa držačem.
B: Akvizicija i obrada eksperimentalnih podataka	Pripremljen sistem za akviziciju eksperimentalnih podataka, <b>Slv0.5, Tlv0.3</b> . Pripremljeni dijagrami baždarenja za izabrane raspoložive pretvarače, <b>Slv0.6, Slv0.7, Slv0.8</b> .

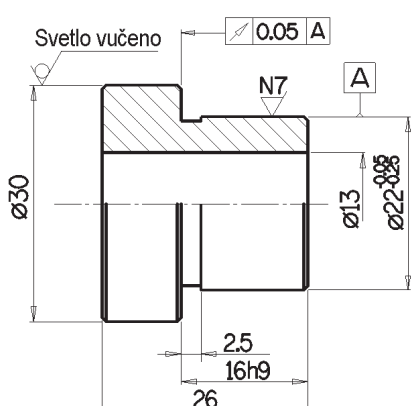

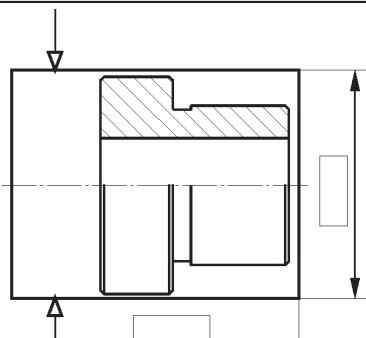
### LV0.2 VODIČ

Plan izvođenja ove laboratorijske vežbe sadrži sledeće korake (K):

- K1:** Posle uvodnih časova predavanja, sledi uvodni laboratorijski rad, sve u prvoj radnoj nedelji.
- K2:** Na laboratorijskoj vežbi se studenti dele u radne grupe prema raspoloživim radnim mestima. Za ovu priliku studenti dobijaju obrasce za izveštaj sa ove vežbe. Za ostale vežbe studenti sami pripremaju obrasce za svoje izveštaje sa laboratorijskih vežbi.
- K3:** Na laboratorijskoj vežbi studenti samostalno, uz nadzor instruktora, realizuju planirane obaveze i kompletiraju potrebne podatke za izveštaj. Svaki izveštaj sa laboratorijskih vežbi se povezuje u Elaborat i priprema za završnu prezentaciju Elaborata sa laboratorijskih vežbi.

**LV1.4 Dodatak** (Primer obrasca MA.LV1.01, na 4 stranice, za sastavljanje Izveštaja sa vežbe)

	Univerzitet u Beogradu. Mašinski fakultet. <b>KaProM-MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>RADNI LIST ZA STRUG</b>	Obrazac: <b>MA.LV1.01</b>	
			Rb. 147/12	List 1/1

RADIONIČKI CRTEŽ	MAŠINA: UNIVERZALNI STRUG NILES								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>16h9 <math>\frac{0.000}{-0.043}</math></p> </div> <div> <p>N8 / <math>\nabla</math> / N7 / <math>\nabla</math></p> </div> </div>  <p style="text-align: center;">Svetlo vučeno <math>\nabla</math> 0.05 A</p> <p style="text-align: center;">N7 A</p> <p style="text-align: center;">Tolerancije slobodnih mera prema SRPS M.A1.410:1974. Nekotirane ivice obraditi 0.5/45°</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Naziv</td> <td style="width: 30%;"><b>ČAURA</b></td> <td style="width: 20%;">Br. crteža</td> <td style="width: 20%;">LV1_B.001</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Materijal</td> <td>Č.1530</td> </tr> </table>	Naziv	<b>ČAURA</b>	Br. crteža	LV1_B.001			Materijal	Č.1530	
Naziv	<b>ČAURA</b>	Br. crteža	LV1_B.001						
		Materijal	Č.1530						
	PLAN BAZIRANJA								
									

PLAN ALATA				
RB	Alat	Standard	Smer M3/4	Držači alata
1	Nož za poprečnu grubu obradu	SRPS K.C1.016:1968	M3	D1: Brzoizmenljivi držač noža
2	Nož za spolj. uzdužnu obradu	ISO 5608-1989	M3	D2: Držač pločice CTGP Brzoizmenljivi držač noža
3	...			
4				

PLAN OBRADE								
RB	Zahvat	Alat	Pribor	Režim			$t_p$	$t_g$
1	Poprečno grubo struganje	1	P1	a=	s=	n=		
2	Uzdužno grubo struganje	2	P1	a=	s=	n=		
3	...							

IZVEŠTAJ O KONTROLI	Pomoćni pribor:
	P1: Univerzalna stezna glava sa 4 tvrde čeljusti $\varnothing 320$

Mesto	Ispitivač	Datum	Instruktor
MF Beograd, ZMA	Vukadin Petrović (147/12)	10. 03. 2012.	N. Vorkapić, D. Pumpalović

## LV2\_B

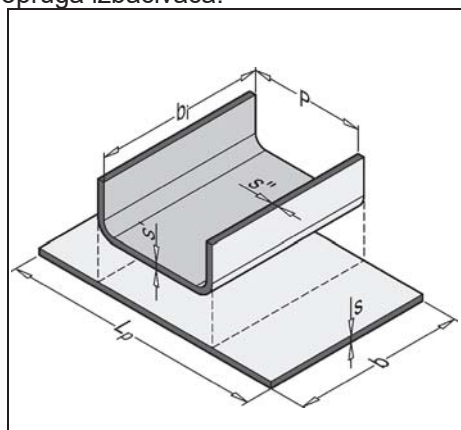
## IDENTIFIKACIJA GLAVNIH FAKTORA OBRADE LIMA FAZONSKIM SAVIJANJEM

## LV2.1 Zadatak

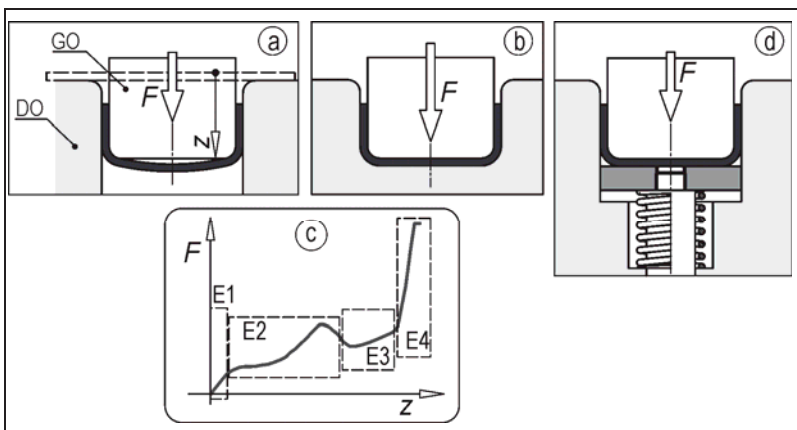
U Laboratoriji za mašine alatke izvršiti ispitivanje obradljivosti lima na dobijenom uzorku, a onda odrediti parametre modela za silu fazonskog savijanja lima iz tog uzorka, za postavljenu strukturu modela.

## LV2.2 Vodič

Razmatra se proces fazonskog savijanja, kao često korišćena metoda obrade lima u proizvodnoj praksi. Jedan, dosta čest slučaj, se odnosi na oblikovanje limova u profil oblika slova U, kao na **Slv2.1**. Proces je karakterisan sa nekoliko etapa, što je ilustrovano na **Slv2.2**, od kojih svaka praćena specifičnim tokom deformacione sile (**Slv2.2.c**). Etapa E1 odgovara elastičnom savijanju oslonjenog lima. Etapa E2 predstavlja plastično slobodno savijanje. U E3 su prisutni otpori trenja između lima i alata (**Slv2.2a**). U realnim uslovima proces se završava etapom E4 ili takozvanim kalibrisanjem (**Slv2.2b**), kada deformaciona sila ima nagli rast i konačno veliki intenzitet. Poželjno je da alat bude opremljen izbacivačem izratka (**Slv2.2d**). Ukoliko je on opružne konstrukcije, deformaciona sila će imati dodatni prirast tokom savijanja lima, kao posledicu sabijanja opruga izbacivača.



Slv2.1 Primer fazonskog savijanja lima: Mere pripremljena i izratka



Slv2.2 Faze procesa fazonskog savijanja lima (a,b.), profil deformacione sile (c) i primer alata sa izbacivačem lima (d)

Vežba ima dva dela:

- U prvom se vrši kompletiranje instalacije za merenje i akviziciju podataka, na kojoj se vrši određen broj eksperimenata sa fazonskim savijanjem limova različitih debljina i širina. U svim eksperimentima se koriste uzorci od istog materijala i istog stanja. U svakom od eksperimenata se vrši formiranje odgovarajućeg vremenskog zapisa sa simultano beleženim vrednostima pozicije gornjeg oblikača i deformacione sile.
- U drugom delu vežbe se obavlja procedura eksperimentalne identifikacije parametara modela deformacione sile, za pretpostavljenu strukturu tog modela. U tu svrhu se koristi konačan broj parova podataka (sila, hod) iz formiranih vremenskih zapisa.

Mogući tok ove vežbe ilustrovan je na **Slv2.3**. Model fazonskog savijanja lima pokazan je na **Slv2.4**, zajedno sa računski određenom očekivanom silom savijanja za najjednostavniji slučaj fazonskog savijanja, kada je zazor  $\Delta$  u alatu jednak debljini  $s$  lima i kada hod  $z$  gornjeg oblikača ne prelazi naznačenu granicu  $a_0$ . Sila je izračunata pod pretpostavkom da je momentom savijanja lima u zoni deformisanja ostvareno čisto plastično deformisanje sa naponom tečenja  $\sigma_T$ . U modelu sile nezavisno promenljiva je hod  $z$  gornjeg oblikača, a ne ugao savijanja. Formalno, ovaj model nije definisan za ugao savijanja od  $90^\circ$ . Ako treba izabrati model po **Slv2.3**, onda se za potrebe izvođenja ove vežbe bira najjednostavniji: M1.1 u kome je zazor  $\Delta$  u alatu jednak debljini lima ( $\Delta = s$ ;  $a = a_0$ ;  $a_0 = \rho + s$ ). Ovaj i naredni izbori na **Slv2.3** su osenčeni da se mogu lako uočiti. Ne koristi se ni izbacivač lima (M2.1). Iz razloga zaštite opreme na kojoj se vežba izvodi, u eksperimentima se ograničava hod gornjeg oblikača, tako da se ne vrši njegovo kalibrisanje (M3.1). Za glavni faktor obrade, koji treba identifikovati, odabrana je sila fazonskog savijanja. Očekuje se da su uticajni faktori procesa fazonskog savijanja lima: Debljina lima ( $s$ ), širina lima ( $b$ ) i hod gornjeg oblikača ( $z$ ), umesto ugla savijanja. U modelu su četiri veličine proglašene parametrima ( $p=4$ , **Tlv2.1**): ekvivalent  $y(1)$  konstante u brojiocu ( $0.5 \cdot \sigma_T$ ); ekvivalent  $y(2)$  izložioca 2 uz debljinu lima u brojiocu ( $s^2$ ); ekvivalent  $y(3)$  izložioca 2 uz hod

## LV3\_B

# STATISTIČKO ISPITIVANJE RADNE TAČNOSTI NUMERIČKI UPRAVLJANOG STRUGA

### LV3.1 Zadatak

U Laboratoriji za mašine alatke izvršiti statističko ispitivanje po preporukama VDI/DGQ 3442 i 3441 [3.1, 3.2] radne tačnosti struga sa numeričkim upravljanjem sa sledećim podacima:

Tip mašine	Revolver strug		
Oznaka mašine	PH42	Fabrički broj: 8210110082	Inv. broj: ZMA_NU_03
Prečnik obrade nad postoljem	200 mm	Godina proizvodnje: 1990.	Datum prethodnog ispitivanja:
Vrsta i mere pomoćnog pribora	Stezna glava $\Phi$ 160 mm		DD. MM. 20GG. godine
Temelj i način oslanjanja	Krutí podmetači i betonska ploča		Merno mesto po osi Z:
Način pozicioniranja	Numerički upravljano		Z+125.0 mm
Primedba	Merna nesigurnost mernog sredstva se određuje i na ovoj vežbi: DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>		

### LV3.2 Vodič

RB	Osnovne aktivnosti	Dopunske aktivnosti, za bolje razumevanje i za studiranje teme
1	Proučavanje Uputstva za rad.	Proučavanje preporuka VDI/DGQ 3441 [3.1] i VDI/DGQ 3442 [3.2].
2	Priprema obrazaca za rad.	Proučavanje popunjenih obrazaca i pravila za označavanje dokumenata, probnih delova i sličnog.
3	Upisivanje u Interni zapis o ispitivanju i u Izveštaj o ispitivanju podataka iz teksta zadatka.	Proučavanje standarda SCS ISO/IEC 17025:2006 [3.3]. Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje. Proučavanje primera popunjenih zapisa.
4	Kontrola izrade serije probnih delova.	Proučavanje uputstva za rukovanje mašinom. Proučavanje programa za obradu i obrada probnih delova.
5	Merenje probnih delova. Upisivanje rezultata merenja u Interni zapis i u Izveštaj o ispitivanju.	Proučavanje određivanja merne nesigurnosti mernog instrumenta. Određivanje merne nesigurnosti mernog instrumenta pomoću raspoloživih kontrolnika.
6	Obrada rezultata merenja i kompletiranje Internog zapisa o ispitivanju.	Proučavanje metoda kontrolnih karata u statističkoj obradi rezultata merenja. Proučavanje određivanja trenda i uračunavanja njegovog uticaja na rezultate ispitivanja.
7	Sastavljanje Izveštaja o ispitivanju.	Analiza rezultata ispitivanja. Analiza pripreme i izvođenja ispitivanja i potrebnih resursa.
<p><i>Ostalo:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rezervsan je i termin Auditorne vežbe od tri časa pod nazivom: Uputstvo za izvođenje treće laboratorijske vežbe.</li> <li>➤ Za programiranje ispitivanog struga postoji posebna vežba. Za potrebe izvođenja ove vežbe probne delove izrađuju rukovaoc i tehnolog za ispitivani strug po postavljenim zahtevima.</li> <li>➤ Za rad na ovoj vežbi koriste se već formirani obrasci. Za formiranje dokumenata pomoću tih obrazaca primenjuju se pravila za njihovo označavanje. Za seriju probnih delova takođe postoji pravilo za njeno označavanje.</li> <li>➤ Za upisivanje podataka i rezultata obrade podataka koristiti obrazac <b>MA.LV3.01</b> Interni zapis o statističkom ispitivanju radne tačnosti numerički upravljano struga, dat na kraju Uputstvu za rad na ovoj vežbi.</li> <li>➤ Za upisivanje rezultata ispitivanja koristiti obrazac <b>MA.LV3.02</b> Izveštaj o statističkom ispitivanju radne tačnosti numerički upravljano struga, dat na kraju Uputstvu za rad na ovoj vežbi.</li> </ul> <p><i>Rekapitulacija:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Na uvodnoj radnoj laboratorijskoj vežbi (LV1_B) praktikovano je: rukovanje ručno upravljanim mašinama alatkama i direktno merenje obratka korišćenjem radioničkih merila. I na ovoj vežbi treba meriti probne delove, ali pažljivije nego na LV1_B, jer je i merni instrument osetljiviji.</li> <li>2) Na ovoj vežbi treba posmatrati kako drugi rukuju numerički upravljanim strugom i kako se vrši programiranje te mašine, a za merenje izrađenih probnih delova primeniti veštinu stečenu na LV1_B i raspoloživo merno sredstvo, čija je merna nesigurnost određena i na LV0_B.</li> <li>3) Samostalnim radom na ovoj vežbi treba doći do jednog od pokazatelja kvaliteta numerički upravljano struga: radne tačnosti, po definiciji iz preporuke VDI/DGQ 3442.</li> </ol>		

Za potrebe ove vežbe izrađuje se serija probnih delova po sledećoj specifikaciji:

**LV3.4 Dodatak**

Primeri popunjenih obrazaca **MA.LV3.01** i **MA.LV3.02**, na 3 strane. Nepopunjeni obrasci se preuzimaju sa sajta predmeta.

	<b>MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>INTERNI ZAPIS O STATISTIČKOM ISPITIVANJU RADNE TAČNOSTI NUMERIČKI UPRAVLJANOG STRUGA</b>	Obrazac: <b>MA.LV3.01</b>	
			Br. 147/12	List 1/2

<b>1. Podaci o ispitivanom strugu</b>		Broj zapisa IZ.I. 06.2012	Broj serije probnih delova PD.06.2012
Tip mašine	Revolver strug		
Oznaka mašine	PH 42	Fabrički broj: 821010082	Inv. broj: ZMA_NU_03
Prečnik obrade nad postoljem	200 mm	Godina proizvodnje: 1990.	Datum prethodnog ispitivanja: 18. 11. 2008. godine
Vrsta i mere pomoćnog pribora	Stezna glava $\varnothing 160$		Merno mesto po osi Z: Z = 125.0 mm
Temelj i način oslanjanja	Krti podmetači i betonska ploča		
Način pozicioniranja	Numerički upravljano		
Primedba			

	<b>2. Podaci o probnom delu</b>	Materijal: Č.0545	D = 40.0 mm
		Dužina: $l_1 = 16.0$ mm	Slobodna dužina: $l = 35$ mm
		Nominalna mera: $D_1 = 32.000$ mm	Tolerancija: $T = 25 \mu\text{m}$
		Primedba: Baziranje i stezanje u steznoj glavi. Pozicija alata u revolver glavi: T05. Putanja: 1 – 2 – 3. Brzi hod: 1 i 3. Linearna interpolacija: 2.	

<b>3. Elementi režima obrade probnih delova</b>	
Korišćene preporuke za režim iz VDI/DGQ 3442 DA <input checked="" type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>	
Brzina rezanja: $v \cong 100$ m/min	Broj obrta: $n = 1000v/(\pi D_1) = 995 \text{ min}^{-1}$
Dubina rezanja: $a = 0.5$ mm	Korak: $s = 0.1$ mm/o
Primedba: Smer obrtanja glavnog vretena: M03	

<b>4. Podaci o korišćenom alatu</b>		
Materijal alata: P10	Napadni ugao: $\kappa = 95^\circ$	Leđni ugao: $\alpha = 5^\circ$
Grudni ugao: $\gamma = 5^\circ$	Ugao nagiba glavnog sečiva: $\lambda = 9^\circ$	
Poluprečnik zaobljenja vrha: $R\epsilon = 0.8$ mm	Oznaka pločice: SBMA120408FL	
Katalog: Sandvik Coromant	Oznaka alata: SSDBL2020B12	

<b>5. Podaci o korišćenom mernom instrumentu</b>		
Tip mernog instrumenta: Mikrometar	Inventarski broj: IOS02.01	
Oznaka: Tesamaster	Opis podešavanja nominalne mere: Pomoću graničnih merila IOS02.02	
Vrednost podeoka na skali: 1 $\mu\text{m}$		
Merna nesigurnost (po VDI/DGQ 3441, T6.4): $4s_{RI} = 4 \mu\text{m}$	Ispitivač:	
Datum ispitivanja: 10. 03. 2012. god.	$4s_{RI} > 0.2 T$ <input type="checkbox"/>	
	$4s_{RI} < 0.2 T$ <input checked="" type="checkbox"/>	

Mesto	Ispitivač	Datum	Instruktor
MF Beograd, ZMA	Vukadin Petrović (147/12)	10. 03. 2012	S. Živanović, N. Vorkapić

## LV4\_B

## RUČNO PROGRAMIRANJE NUMA NA PRIMERU DVOOSNOG REVOLVER STRUGA

## LV4.1 Zadatak

U Laboratoriji za mašine alatke potrebno je izvršiti praktičnu verifikaciju pripremljenih programa obrade dela, saglasno postavljenom zadatku za grupu studenata, na numerički upravljanoj revolver strugu Potisje PH42 CNC. Planira se posebna auditorna vežba koja prethodi ovoj vežbi, na kojoj se daje tumačenje izabranog skupa funkcija i fiksnih ciklusa, za programiranje obrade na pomenutoj mašini, sa izradom primera programa i sa preporukama za kompletiranje tehnološke dokumentacije. Zadatak se izdaje za jednu grupu studenata. U okviru grupe se jasno definišu pojedinačna zaduženja, a ona se odnose na pojedine faze (zahvate) u tehnološkom postupku obrade dela, datog zadatkom. U tom terminu se imenuje i koordinator grupe. Uobičajen zadatak je osmišljen tako da u pripremi i veifikaciji student sagleda niz detalja u logici tehnološkog postupka, izboru elemenata sistema alata i pomoćnih pribora, izboru elemenata režima obrade i pripremi tehnološke dokumentacije za konkretnu tehnologiju. Pored uobičajenih funkcija za programiranje NUMA, rad u okviru ove vežbe bi trebalo da ilustruje specifičnosti programiranja NU strugova, u pogledu koordinatnih sistema, sadržaja datoteke korekcija alata (specifična identifikacija reznog alata) i posebno, korišćenje fiksnih cilusa obrade, što je jedna od osnova na kojima počiva takozvano programiranje NUMA u pogonu [4.1, 4.2]. U tom smislu se kroz primere ilustruje i upotreba takozvanog skraćenog opisa konture. Izvođenja ove laboratorijske vežbe, pored studenata jedne grupe, podrazumeva instruktora (asistenta) koji rukovodi radom, kao i kvalifikovanog rukovaoca mašine. Podrazumeva se poštovanje svih opštih odredbi o bezbednosti na radu, od strane svih učesnika. Instruktor za ovu vežbu je dužana da jasno ukaže na ove odredbe.

## LV4.2 Vodič

U pripremi za ovu laboratorijsku vežbu valja raditi po sledećem rasporedu aktivnosti:

RB	Osnovne aktivnosti	Dopunske aktivnosti, za bolje razumevanje i za studiranje teme
1	Proučavanje Uputstva za rad.	Proučavanje uputstava sa predavanja, Uputstva za izvođenje laboratorijske vežbe LV4 B i dopunskog materijala sa sajta ovog predmeta.
2	Priprema obrazaca za rad.	Proučavanje primera popunjenih obrazaca i pripremanje obrazaca za postavljene zadatke (plan alata, plan baziranja i plan obrade).
3	Priprema programa.	Priprema programa na bazi pripremljenih planova obrade i geometrije dela, definisane radioničkim crtežom.
4	Prenos gotovog programa u memoriju upravljačke jedinice.	Upoznavanje sa procedurom za prenos programa u upravljačku jedinicu: snimanje programa na računar pored mašine i prenos programa na mašinu.
5	Provera i testiranje napisanog programa.	Provera programa, testiranje i verifikacija pomoću ponuđenih resursa. Završna provera programa vrši se na mašini za koju je program napisan.
6	Obrada na mašini.	Postavljanje priprema: baziranje i stezanje. Obrada na mašini. Merenje i analiza obrađenog dela. Sprovođenje eventualne dorade.
7	Sastavljanje Izveštaja o obavljenoj laboratorijskoj vežbi.	Analiza rezultata ostvarene obrade. Unošenje i eventualno izvršenih dopuna planova alata, baziranja i obrade, arhiviranje konačne verzije programa (G kôda), radioničkog crteža i foto-dokumentacije u elaborat za ovu laboratorijsku vežbu.

*Ostalo:*

Za rad na ovoj vežbi koriste se već formirani obrasci. Za pripremu planova alata, baziranja i obrade valja koristiti sledeće kompletne obrasce sa sajta predmeta: Plan alata - obrazac MA.LV4.01, Plan baziranja – obrazac MA.LV4.02, Plan obrade – obrazac MA.LV4.03 i obrazac za radionički crtež MA.LV4.00.


Jedna postavka zadatka sadrži detalje potrebne za pripremu tehnološke dokumentacije i za pripremu programa obrade:

- skica dela koji se obrađuje, sa naznačenim merama,
- oblik i mere i materijal priprema,
- potrebnu numeraciju glavnih programa i potprograma,
- skup izabranih reznih alata za potrebe obrade razmatranog dela,
- detalji baziranja i stezanja i
- redosled zahvata sa preporučenim elementima režima obrade.

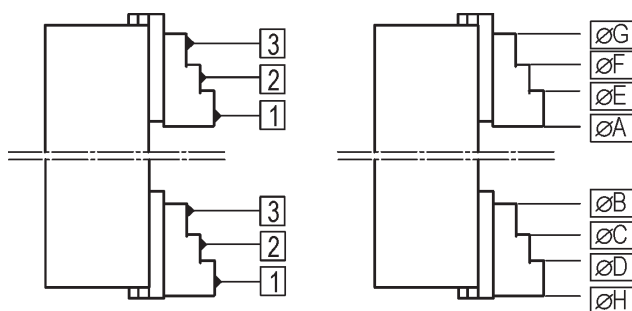
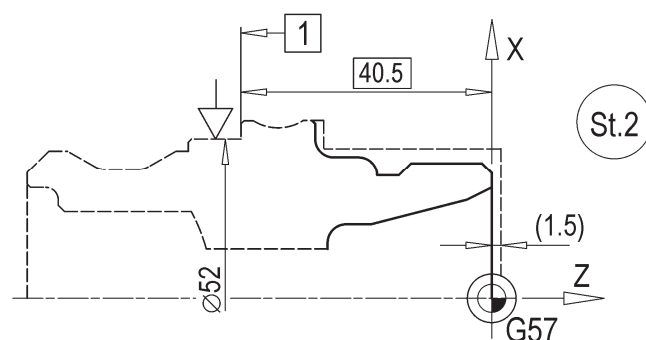
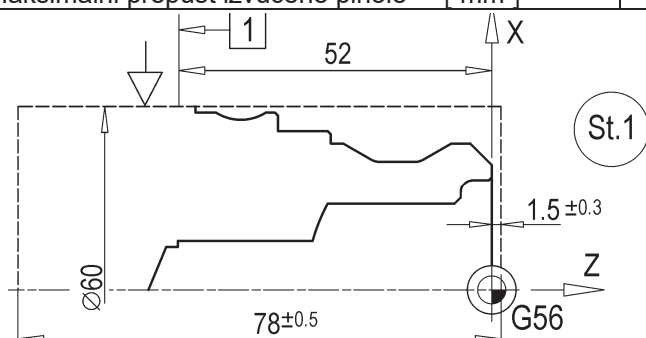
Na osnovu postavke zadatka i pripreme (auditorna vežba) svaki student može da uradi samostalno svoj deo programa obrade. U delu koji se odnosi na pripremu tehnološke dokumentacije student može u fazi pripreme kompletirati, do određene mere, odgovarajuće dokumente. U terminu vežbe, vrši se praktična verifikacija kompletnog pripremljenog programa, koja se završava obradom dela iz postavke zadatka, kao i kompletiranje tehnološke dokumentacije.

## LV4.5 Dodatak 2: Primer kompletiranog izveštaja

### D2.1. Tehnološka dokumentacija, na 3 lista

	<b>PH42CNC PLAN BAZIRANJA</b>  MA.LV4.01	PLAN BAZIRANJA Br. 0188/19			
		Br. tehnološkog postupka	2019.11004	Broj operacije	03,04
		Broj crteža dela	114.02.003	Kom./operaciji	1
		Glavni program	Potprogrami		
		%210 (MPF210.txt) (St.1) %220 (MPF220.txt) (St.2)	L211,L212,(PP211.txt, PP212.txt) L221,L222,L223 (PP221.txt, PP222.txt, PP223.txt)		

Stezna čaura		Nazivni prečnik stezne čaure	20	22	25	28	30	32	36	38	40	42	
Stezna glava	X	Spoljašnje stezanje.			X	Tvrde čeljusti (GUB0)						St.1	X
		Unutrašnje stezanje				Meke čeljusti (WB3)						St.2	X
Obrtni šiljak		Pritisak u instalaciji pinole podesiti na [ bar ]											
		Maksimalni preput izvučene pinole [ mm ]											



Slika PB1

Slika PB2

Opsezi stezanja GUB0 (Ømm)					
X	A	16 - 65		E	70 - 108
	B	39 - 76		F	108 - 146
	C	76 - 114		G	146 - 180
	D	114 - 152		H	160 - 195
Položaj tvrdih čeljusti (A-H) <sup>3)</sup>					A (St.1)
Prečnik stezanja [mm]					60
Meke čeljusti obraditi na Ø					Ø52x13(St.2)
Ili prema ctrežu broj:					

**NAPOMENE:**

- 1) Na skici označiti baze na čeljustima (prema slici PB1), za definisanje položaja priprema po osi Z
- 2) Naznačiti i numerisati nulte tačke radnog predmeta
- 3) Položaj čeljusti na steznoj glavi (prema slici PB2)

	Prezime i ime	Datum	Potpis	List/ listova
Tehnolog:	Živančević Nikola	10.12.2019		1/1
Odobrio:	Vorkapić Nikola	11.12.2019.		



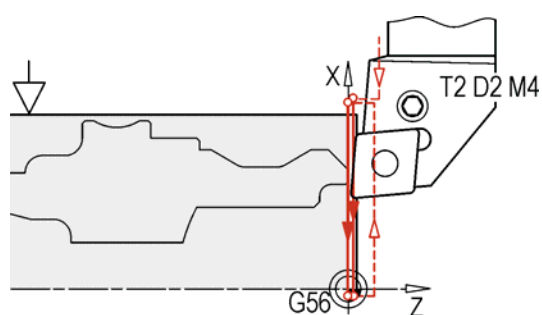
## D2.3 Tumačenje tehnološkog programa obrade (Program MPF210)

Glavni program MPF 210 se odnosi na obradu u prvom baziranju. Glavnim programom se pozivaju i potprogrami SPF211 i SPF212. Svi zahvati, opisani u Planu obrade, programiraju se u koordinatnom sistemu G56. Konture izratka i putanje alata su programirane u apsolutnim koordinatama (G90). Za zahvate koji se izvode u režimu konstantne brzine rezanja (G60) broj obrta glavnog vretena se ograničava na 3000 o/min (G92 S3000). U potprogramima sa opisom kontura (unutrašnje i spoljašnje) korišćen je specifični – skraćeni opis, saglasno Prilogu P3.

U programu su korišćeni fiksni ciklusi obrade i to: L95 (Obrada konture, struganjem, iz cilindričnog priprema), L97 (Ciklus obade navoja struganjem u više prolaza) i L98 (Ciklus dubokog bušenja).

Za obradu kontura je primenjena sledeća logika: Predzavršna obrada do propisanih dodataka se izvodi u fiksnom ciklusu L95 i specifikacijom potprograma sa opisom konture. Završna obrada je programirana linearno (bez poziva ciklusa), pozivom istog potprograma, uz prethodno zadavanje potrebnog koraka i brzine glavnog kretanja za završni prolaz i instrukcije za uvođenje kompenzacije radijusa vrha alata.

U svim zahvatima je uključivanje hlađenja (M08) vršeno u toku primicanja alata obratku, a isključenje (M09) u fazi odmicanja radi izmene alata.

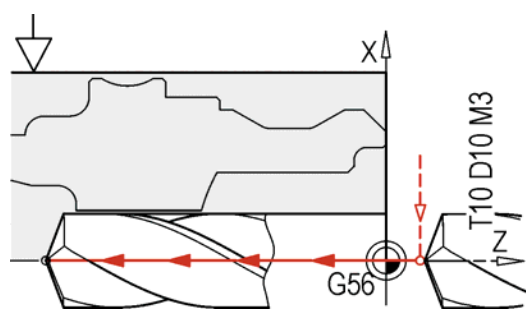


### 1.1. Poprečna obrada čeonje ravne površine(N100 do N136)

Izvodi se alatom T2, sa odgovarajućim smerom glavnog vretena M4 i to u režimu konstantne brzine rezanja (N118). Potrebna izmena alata je programirana u N112. Ograničenje broja obrta je programirano na 3000o/min (N104). Obrada se izvodi u dva prolaza, bez kompenzacije radijusa vrha alata (G40). Prvi prolaz je programiran na Z0.5. Drugi prolaz je programiran na Z0. U oba prolaza, u radnom hodu alat prelazi osu (N120, N130) za veličinu radijusa vrha. To je poželjno za zabušivanje koje sledi. Korak u završnoj čeonjoj poprečnoj obradi je izveden iz radijusa vrha alata i maksimalne visine neravnina za kvalitet obrađene površi N7 ( $R_z = 6.3 \mu m$ ). Uključenje i isključenje hlađenja su programirani u N118 odnosno N132. Zaustavljenje glavnog vretena je u N134. Odmicanje pre naredne izmene alata je dato u N134 i N136.

### 1.2. Zabušivanje (N200 do N216)

Izvodi se alatom T8, sa odgovarajućim smerom glavnog vretena M3 i to u režimu konstantnog broja obrtaja (N206). Potrebna izmena alata je programirana u N204. Broj obrta je izračunat iz preporučene brzine rezanja i srednjeg prečnika njegovog konusnog dela (5.57mm). Obrada se izvodi bez poziva fiksnog ciklusa bušenja. Pozicioniranje u osu obratka i ispred čeonje površine obratka je dato u N208 i N210. Dubina zabušivanja i korak (N212) prema preporuci u postavci zadatka. Odmicanje u brzom hodu (N216), sa zaustavljanjem glavnog vretena, pre naredne izmene alata. Aksijalno postavljen alat: veće izmicanje po X nego po Z, pri aktivnoj D8.



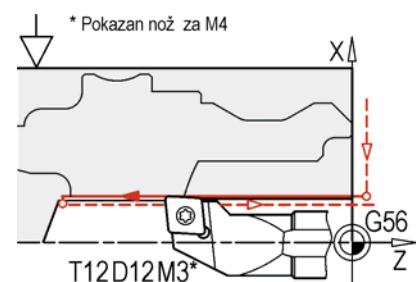
### 1.3. Bušenje u osi obratka (N300 do N316)

Izvodi se alatom T10, sa odgovarajućim smerom glavnog vretena M3 i to u režimu konstantnog broja obrtaja (N306). Potrebna izmena alata je programirana u N304. Broj obrta je izračunat iz preporučene brzine rezanja i prečnika burgije (15mm). Programirana je obrada bez kompenzacije radijusa vrha alata (G40). Pozicioniranje alata na osu i ispred čela obratka je dato u N308 i N310. Programiran je ciklus dubokog bušenja (L98, u N312), sa sledećim vrednostima parametara: R22=3 (Početno Z), R25=15 (Prva dubina bušenja), R24=9 (Ostale dubine bušenja), R26=-57 (Krajnje Z), R27=0.5 (Vreme zadržke na ulazu), R28=0.5 (Vreme zadržke pre izlaska), R11=4-3 (Izvlačenje strugotine pre naredne dubine). Korak je programiran pre poziva ciklusa. Odmicanje radi naredne izmene alata i zaustavljanje glavnog vretena su u N316.

### 1.4. Kompletna obrada unutrašnje konture (N400 do N478)

#### 1.4.1 Završna obrada na Ø16 (N400 do N422)

Ovaj zahvat se izvodi nožem za unutrašnju obradu (T12), u jednom prolazu. Potrebna izmena alata je programirana u N404. Ovaj zahvat je poželjan radi oslobađanja prostora za početne prolaze grube obrade ostatka unutrašnje konture (faza odmicanja alata, nakon prvog prolaza predobrade). Glavno vreteno je programirano za smer M03 u režimu konstantnog broja obrtaja (N408). Broj obrta izračunat iz preporučene brzine (40m/min) i prečnika obrade (16mm). Obrada se izvodi bez poziva kompenzacije radjusa vrha alata (G40). Po završetku radnog hoda vrši se minimalno odmicanje od obrađene površine (N418) zbog rizika od kolizije naspramne strane alata sa obrađenom površinom. Odmicanje (N422) za narednu fazu, bez zaustavljenja vretena.



## LV5\_B

# RUČNO PROGRAMIRANJE NUMA NA PRIMERU OBRADNOG CENTRA

### LV5.1 Zadatak

U Laboratoriji za mašine alatke potrebno je izvršiti pripremu obradnog sistema i praktičnu verifikaciju pripremljenog programa obrade dela, saglasno postavljenom zadatku za grupu studenata, na obradnom centru ILR HMC500/40. Planira se posebna auditorna vežba koja prethodi ovoj vežbi, na kojoj se daje tumačenje izabranog skupa funkcija za programiranje obrade na pomenutoj mašini, sa izradom primera programa i sa preporukama za kompletiranje tehnološke dokumentacije [5.1, 5.2]. Uobičajen zadatak je osmišljen tako da u pripremi i verifikaciji student sagleda niz detalja u logici tehnološkog postupka, izboru elemenata sistema alata, izboru elemenata režima obrade i pripremi tehnološke dokumentacije za konkretnu tehnologiju obrade [5.3]. Geometrija delova za zadatke je birana na način da ogovarajući program obrade bude dovoljno ilustrativan u pogledu: tipične strukture programa, upotrebe potprograma, programiranja u makar dva koordinatna sistema obratka, obrade kontura sa i bez kompenzacije poluprečnika alata, programiranja u apsolutnim i relativnim koordinatama i korišćenja fiksnih ciklusa obrade otvora. Izvođenja ove laboratorijske vežbe, pored studenata jedne grupe, podrazumeva instruktora (asistenta) koji rukovodi radom, kao i operatera mašine. Podrazumeva se poštovanje svih opštih i posebnih odredbi o bezbednosti na radu, od strane svih učesnika.

### LV5.2 Vodič

U pripremi za ovu laboratorijsku vežbu valja raditi po sledećem rasporedu aktivnosti:

RB	Osnovne aktivnosti	Dopunske aktivnosti, za bolje razumevanje i za studiranje teme
1	Proučavanje Uputstva za rad.	Proučavanje uputstava sa predavanja, Uputstva za izvođenje laboratorijske vežbe LV5_B i dopuskog materijala sa sajta ovog predmeta.
2	Priprema obrazaca za rad.	Proučavanje primera popunjenih obrazaca i pripremanje obrazaca za postavljene zadatke (plan alata, plan baziranja i plan obrade).
3	Priprema programa.	Priprema programa na bazi pripremljenih planova obrade i geometrije dela, definisane radioničkim crtežom.
4	Prenos gotovog programa u memoriju upravljačke jedinice.	Upoznavanje sa procedurom za prenos programa u upravljačku jedinicu: snimanje programa na računar pored mašine i prenos programa na mašinu.
5	Provera i testiranje napisanog programa.	Provera programa, testiranje i verifikacija pomoću ponuđenih resursa. Završna provera programa vrši se na mašini za koju je program napisan.
6	Obrada na mašini.	Postavljanje priprema: baziranje i stezanje. Obrada na mašini. Merenje i analiza obrađenog dela. Sprovođenje eventualne dorade.
7	Sastavljanje Izveštaja o obavljenoj laboratorijskoj vežbi.	Analiza rezultata ostvarene obrade. Unošenje i eventualno izvršenih dopuna planova alata, baziranja i obrade, arhiviranje konačne verzije programa (G kôda) i radioničkog crteža u elaborat za ovu laboratorijsku vežbu.

*Ostalo:*

Za rad na ovoj vežbi koriste se već formirani obrasci. Za pripremu planova alata, baziranja i obrade valja koristiti sledeće kompletne obrasce sa sajta predmeta: Plan alata - obrazac **MA.LV5.01**, Plan baziranja – obrazac **MA.LV5.02**, Plan obrade – obrazac **MA.LV5.03** i obrazac za radionički crtež **MA.LV5.00**. Glavni delovi ovih obrazaca su pokazani u odeljku LV5.5 (Dodatak, Deo D1- Tehnološka dokumentacija). Prateći materijal, potreban za pripremu programa i izveštaja je sadržan u odeljku 5.6 (Prilog)

*Rekapitulacija:*


- 1) Na prvoj radnoj laboratorijskoj vežbi (LV1\_B) praktikuje se: rukovanje ručno upravljanim mašinama alatkama i direktno merenje obratka korišćenjem radioničkih merila. I na ovoj vežbi treba meriti obrađene delove radi provere tačnosti ostvarenih mera, valjanosti programa, korekcija alata, pribora, baziranja itd.
- 2) Pozicioniranje na numerički upravljanim mašinama alatkama vrše se u brzom hodu. Time se pomoćna vremena bitno skraćuju. Valja proceniti uštede u pomoćnim i glavnim vremenima po proceduri sa prve laboratorijske vežbe LV1\_B.
- 3) Valja uočiti značaj pažljivog praćenja cele procedure za programiranje numerički upravljanih mašina alatki. Ove mašine rade po zadatom programu, pa programer i rukovaoc treba da se postaraju da mašini prepuste svoju tehnologiju bez grešaka.

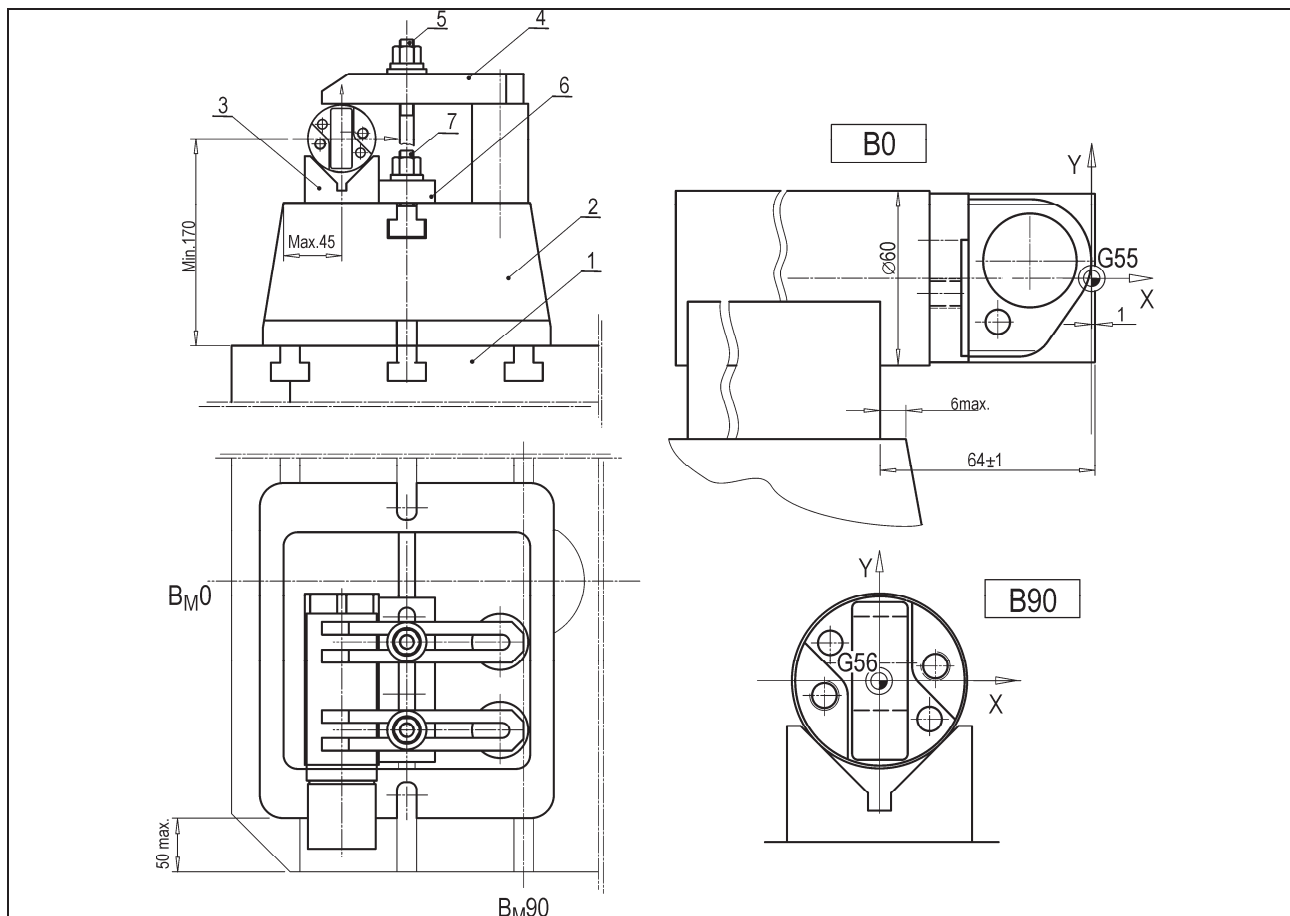
### LV5.3 Uputstvo za rad

U terminu auditorne vežbe, koja prethodi ovoj laboratorijskoj vežbi vrši se formiranje grupa studenata. Za jednu grupu studenata izdaje se jedan zadatak, kojim su definisana i pojedinačna zaduženja studenata u okviru grupe. U tom terminu se imenuje i koordinator grupe. Jedna postavka zadatka sadrži sve detalje potrebne za pripremu tehnološke dokumentacije i za pripremu programa obrade:

- skica dela koji se obrađuje, sa naznačenim merama,
- oblik i mere i materijal priprema,
- skup izabranih reznih alata za potrebe obrade razmatranog dela,
- detalji baziranja i stezanja,
- redosled zahvata sa preporučenim elementima režima obrade,

**LV5.5 Dodatak: Primer kompletiranog izveštaja**  
**D1. Tehnološka dokumentacija, na tri lista**

	<b>HMC 500/40</b> <b>PLAN</b> <b>BAZIRANJA</b>  <b>MA.LV5.01</b>	<b>PLAN BAZIRANJA Br.</b> <i>0181/83</i>			
		Br. tehnološkog postupka	<i>2019.10.003</i>	Broj operacije	<i>03</i>
		Broj crteža dela	<i>114.02.003</i>	Kom./operaciji	<i>1</i>
		Glavni program	Potprogrami <i>1700 (U1700GP.txt)</i>		
			<i>1701 (U1700PP1.txt)</i> <i>1702 (U1700PP2.txt), 1703 (U1700PP3.txt)</i>		

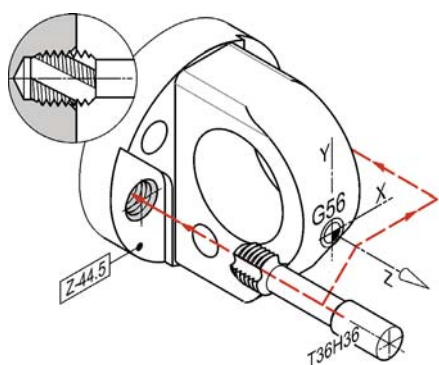
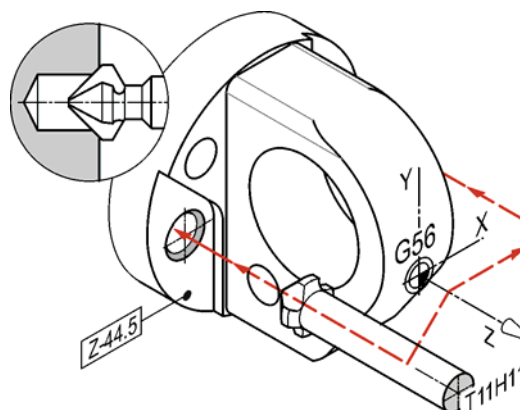


RB	Naziv	Standardni Specijalni	Ident.br..	Br. crteža	Komada
1	Paleta stola				
2	Oslonac-klupa 250x220	Stand.	03.01.011		1
3	Prizma 90° 65/40L150	Stand.	03.02.201		1
4	Stezna šapa B14 L200 sa osloncima	Stand.	03.04.012,022		2
5	Vijak M12x160 sa T-navrtkom i podesivom navrtkom	Stand.	03.05.101, 203,407		2 kompleta
6	Naslon sa uzdužnim žljebom 50/25/150	Spec.		PP.04.11.022	1
7	Vijak M12x50 sa T-navrtkom i podesivom navrtkom	Stand.	03.04.122,401		2 kompleta

Napomene:

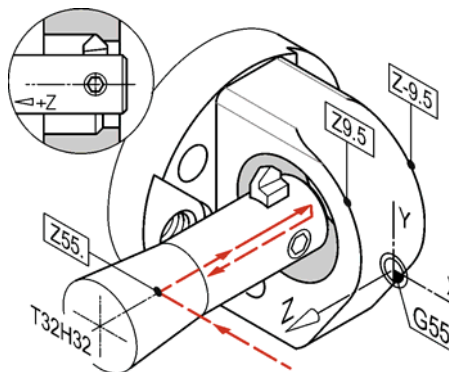
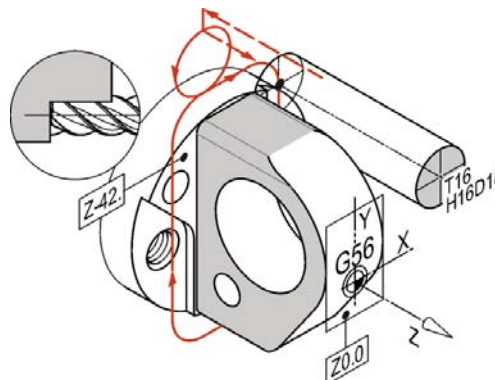
	Prezime i ime	Datum	Potpis	List/ listova
Tehnolog:	<i>Tomović Veljko</i>	<i>10.05.2019.</i>		1/1
Odobrio:	<i>Vorkapić Nikola</i>	<i>11.05.2019.</i>		

**OP8: Konusno upuštanje za navojne otvore N11 i N12.** Ovaj deo tehnološkog procesa sa vrši na strani G56 i programiran je rečenicama N800 do N824, glavnog programa. Koristi se u ciklus G82 (bušenje sa zadržkom na dnu). Upuštanje se obavlja po ivicama otvora u ravni Z-44. Potrebna izmena alata je programirana u N808. Poziv koordinatnog sistema (G56) i iniciranje potrebnog obrtanja stola su dati u N810. Aktiviranje kompenzacije dužine alata i primicanje na bezbednih Z10 su programirani u N814. Poziv ciklusa G82 je u N818. Ciklus se obavlja u režimu G98 (aktivan od N430). Vremenska zadržka je programirana na 0.5s (P500). Ravan R je programirana na Z-39 (5.5mm ispred čela otvora) U ciklusu je krajnje Z programirano kao Z-8.35, što bi trebalo da garantuje obradu upusta sa većim prečnikom jednakim 10.5mm. (Saglasno preporuci na slici 6 u Prilogu A.8 postavke zadatka). Ciklus se opoziva sa G80 u N822. Uporedo sa izvršenjem obrade se vrši pozicioniranje magacina alata (N816) za naredni alat.



**OP9: Urezivanje navoja u otvorima N11 i N12.** Ovaj deo tehnološkog procesa sa vrši na strani G56 i programiran je rečenicama N900 do N924, glavnog programa. Obrada sa vrši na strani G56. Koristi se u ciklus G84 (urezivanje desnog navoja ureznikom). Potrebna izmena alata je programirana u N908. Poziv koordinatnog sistema (G56) i iniciranje potrebnog obrtanja stola su dati u N908. Aktiviranje kompenzacije dužine alata i primicanje na sigurnosnu ravan (Z10) su programirani u N914. Poziv ciklusa G84 je u N918. Ravan R je programirana na Z-38 (6.5 mm ispred čela otvora). U ciklusu je krajnje Z programirano kao Z-60.5, imajući u vidu dužinu konusnog reznog dela mašinskog ureznika (Slika 5, priloga A.8 postavke zadatka). Brzina pomoćnog kretanja u ciklusu je programirana kao F1146, što je posledica programiranog S764 i koraka normalnog metričkog navoja M10 (1.5mm). Vremenska zadržka pri krajnjoj poziciji Z u ciklusu je podešana na 0.3s (P300), s obzirom na držač alata sa aksijalnom kompenzacijom u oba smera. Ciklus se opoziva sa G80 u N922. Potrebna promena smera obrtanja alata u povratnom hodu se obavlja automatski unutar ciklusa G84. Uporedno pozicioniranje magacina alata je programirano u rečenici N916.

**OP10: Završna obrada konture K11.** Ovaj deo tehnološkog procesa se vrši na strani G56 i programiran je rečenicama N1000 do N1030, glavnog programa. Koristi se i potprogram O1701. Obrada sa vrši na strani G56. Predviđen je jedan prolaz po dubini na Z-42. Izmjena alata je programirana u N1008. Poziv koordinatnog sistema (G56) i iniciranje potrebnog obrtanja stola su dati u N1010 i 1012. Aktiviranje kompenzacije dužine alata i primicanje na sigurnosnu ravan (Z10.) su programirani u N1014. Obrada se izvodi sa kompenzacijom radijusa alata (poziv u N1020). Vrednost korekcije radijusa je D18 i odgovara stvarnoj, izmerenoj, vrednosti poluprečnika primenjenog glodala. Pozicioniranje po osi Z, pre poziva potprograma, se vrši na Z-39. Sam potprogram sadrži dodatni ulaz za 3mm po dubini. Opis konture je saglasan koordinatama sa slike 1 (Prilog A.7 postavke zadatka) i upotpunjen je lučnim segmentima za tangenti ulaz i napuštanje konture. Uporedo sa izvršenjem programirane obrade vrši se pozicioniranje magacina alata za naredni alat (N1016).



#### OP11: Prostrugivanje otvora C21

Ovaj zahvat je programiran rečenicama N1100 do N1130 glavnog programa. Nož sa držačem je podešen na meru za obradu  $\varnothing 32H7$ . Dužinska korekcija se odnosi na vrh noža (kasni za čelom držača!). Ovde je opisan linearni način programiranja, umesto fiksnog ciklusa G86. Obrada se vrši na strani G55. Potrebna izmena alata je programirana u N1108. Poziv koordinatnog sistema (G55) i iniciranje potrebnog obrtanja stola su dati u N1110. Aktiviranje kompenzacije dužine alata i primicanje na sigurnosnu ravan (Z55) su programirani u N1114. Alat se dovodi u osu otvora (N1116), u brzom hodu a zatim promiče na Z15 (N1118). U radnom hodu dostiže Z-12. Sprečavanje oštećenja obrađene površine u povratnom hodu alata podrazumeva sledeće korake: isključenje obrtanja alata (N122), zadržka (N1124), odmicanje vrha noža ka osi, po pravcu Y (N1126), izvlačenje alata iz prostora obrađenog otvora (N1128).

Kraj glavnog programa (N1200 do 1208) podrazumeva maksimalno odmicanje stuba po osi Z, zaustavljanje glavnog vretena i pražnjenje glavnog vretena.

D4. Primer kompletiranog izveštaja ( Foto dokumentacija)



Pripremak baziran i stegnut prema Planu baziranja

```

WORK COORDINATES                                O1992 N1992
NO.      DATA      NO.      DATA
_00      X      0.000    02      X     -593.253
          Y      0.000          Y     -517.000
          Z      0.000          Z     -484.736
          B      0.000          B      90.008

01      X      0.000    03      X     -239.395
          Y      0.000          Y     -512.835
          Z      0.000          Z     -540.205
          B      0.000          B      -0.023

ADRS.
10:45:24                                EDIT
(OFFSET)(MACRO )( ) ( WORK )( )
    
```

Detalj sadržaja datoteke nultih tačaka (WORK)



Rezni alati i držači, pripremljeni prema Planu alata

```

OFFSET                                           O1000 N0004
NO.      DATA      NO.      DATA
_017     8.500     025     159.920
018     8.000     026     13.000
019    149.850     027     12.500
020    150.793     028     89.000
021     14.190     029     0.040
022    182.000     030    223.790
023     0.040     031    125.650
024    228.000     032    161.210
ACTUAL POSITION (RELATIVE)
X     -100.000    Y     -160.645
Z     -100.000    B     -100.000
NO.   017 =
18:19:01                                JOG
(OFFSET)(MACRO )( ) ( WORK )( )
    
```

Detalj sadržaja datoteke korekcija mera alata (OFFSET)

```

PROGRAM                                           O1000 N0004
(CURRENT)                                       (MODAL)
M      030 G67 G00 F
          G54 G17 R
          G64 G90 P
          G69 G22 Q
          G15 G04 H 0 D
          G21 M 030
          G40 S
          G49 T
          G80
          G98
          G50

18:18:40                                JOG
(PRGRM )(CURRNT)( NEXT )( ) ( )
    
```

Funkcije aktivne po uključenju i nakon RESET



Obradeni deo

KRAJ IZVEŠTAJA

LV6\_B

PARAMETARSKO PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANOG STRUGA POTISJE PH42-CNC

LV6.1 Zadatak

Potrebno je parametarski programirati ili kompletnu obradu, ili samo završnu obradu na numerički upravljanoj strugu POTISJE PH42-CNC radnog predmeta pokazanog na **Slv6.1**, po podacima datim u **Tlv6.1**. Za program i podprogram za predobradu koristiti rezervisani broj 777, a za završnu obradu broj 775.

Parametri ciklusa za predobradu:  
 $P_i K_{p,i} = d_4$ ;  $U_i K_{u,i} = d_5$   
 $K_{p,i} I_{p,i} = (\delta z_p, \delta x_p)$ ;  $K_{u,i} J_{u,i} = (\delta z_u, \delta x_u)$

a) Podaci o radnom predmetu koji treba obraditi

- SP(120,120) je polazna tačka alata na početku svake od planiranih obrada.
- Alat je strugarski nož tipa 3, T2, D2.
- G55 je rezervisana nulta tačka za sve programe i sve pripreme.
- Predobrada u MPF777<sup>\*)</sup> treba da se vrši po ugledu na ciklus L95. On postoji na mašini. Za uzdužnu obradu šema za putanje alata ima indeks U, a za poprečnu indeks P.
- U MPF775 ne koristiti L95. Smatra se da je pripremak već predobrađen sa dodatkom za završnu obradu. Programe treba napraviti parametarski samo za konturu.
- Sigurnosni omotač je opisan oko pripremk i do njega alat može prilaziti brzim hodom.
- Pozicioniranje alata u lokalnim ciklusima vrši se duž isprekidanih strelica, a duž punih strelica vrši se interpolacija.
- Po prečniku alat treba izvesti na  $D_p$ , da ceo deo bude obrađen u datom pripremu.
- Valja razmotriti obradu vrha elipsoida, na  $z = a$ , imajući u vidu zaobljenje vrha alata i korekciju putanje zbog toga, kada je aktivna.

b) Detalji o obradi

<sup>\*)</sup> Oznaka za glavni program je MPF, za podprogram SPF. Detalji o tome dati su u odeljku LV6.3.

**Slv6.1** Mašinski deo sa polovinom elipsoida

Režim obrade je sledeći:  $v[m/min] = 80$ ,  $s[mm/o] = 0.1$ , M04. Brzina rezanja je konstantna do broja obrta glavnog vretena od  $n_{max} = 2500 \text{ min}^{-1}$ . U završnoj obradi tačke na konturi elipsoida izračunavati na po  $1^\circ$ .

**Tlv6.1** Podaci za pojedinačne zadatke za LV6\_B za parametarsko programiranje numerički upravljanoj strugu POTISJE PH42-CNC. Oznake: RB je redni broj studenta u njegovoj grupi, a ostale oznake su kao na **Slv6.1** i u tekstu.

Podaci ↓	MA1.1	MA1.2	MA1.3	MA2.1	MA2.2	MA2.3	LV6
a[mm]	30.0+RB	35.0-RB	40.0-2.0*RB	25.0+2.0*RB	30.0-RB	35.0-2.0*RB	30.0
b[mm]	25.0+RB	30.0-RB	35.0-2.0*RB	20.0+2.0*RB	25.0-RB	30.0-2.0*RB	25.0
r[mm]	2.5+0.1*RB	2.0+0.2*RB	1.5+0.25*RB	2.5-0.1*RB	3.0-0.2*RB	3.0-0.3*RB	2.5
l[mm]	2.0-0.1*RB	2.2-0.1*RB	2.5-0.1*RB	3.0-0.2*RB	3.5-0.3*RB	4.0-0.4*RB	2.0
d <sub>1</sub> =d <sub>2</sub> [mm]	2.0-0.1*RB	2.2+0.1*RB	2.1-0.1*RB	2.1+0.1*RB	2.1-0.1*RB	2.1+0.1*RB	2.5
d <sub>3</sub> [mm]	2.2-0.2*RB	2.2+0.2*RB	2.0-0.2*RB	2.0+0.2*RB	1.9-0.1*RB	1.9+0.2*RB	2.0
d <sub>4</sub> =d <sub>5</sub> [mm]	1.0-0.05*RB	1.0+0.05*RB	1.1-0.05*RB	1.1+0.05*RB	1.2-0.05*RB	1.2+0.05*RB	1.0
δ <sub>ZP</sub> =δ <sub>xP</sub> [mm]	2.0-0.1*RB	2.0+0.1*RB	2.1-0.1*RB	2.1+0.1*RB	2.2-0.1*RB	2.2+0.1*RB	1.5
δ <sub>ZU</sub> =δ <sub>xU</sub> [mm]	2.5-0.1*RB	2.5+0.1*RB	2.6-0.1*RB	2.6+0.1*RB	2.7-0.1*RB	2.7+0.1*RB	1.5

- Primerbe:
- Dobro je programe napisati sa što manje parametara. Ponavljani sabirak valja postaviti kao jedan parametar. Izračunavanje centralnog ugla treba svesti na sabiranje, kako je to opisano u Uputstvu za LV7\_B, **Tlv7.1**.
  - I na numerički upravljanoj strugu POTISJE PH42-CNC programe je moguće preneti sa priručnog PC. Zato programe treba pripremiti kao tekstove i u elektronskoj verziji. Na ovom strugu moguće je vršiti grafičku simulaciju programa. To valja koristiti u toku pripreme za ovu vežbu i izrade seminarskog rada, da bi se sav posao brže obavio. Simulacija može da se iskoristi za probe i programa koje studenti naprave dok uče i uvežbavaju parametarsko programiranje.
  - Uputstvo za izradu ovog dela parametarskog programa je u odeljku LV6.3.
  - Na linku [http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma\\_bsc/pdf/bosnic\\_primeri.zip](http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/pdf/bosnic_primeri.zip) ima primera sličnih programa baš za ovaj strug. Po ugledu na njih glavni program 777 može da se pripremi za kompletnu obradu.
  - Svi parametarski programi za ovu vežbu mogu se blagovremeno probati u Laboratoriji za mašine alatke, po rasporedu koji je utvrđen u toku pripreme. I laboratorijska vežba se odvija po rasporedu za laboratorijske vežbe.

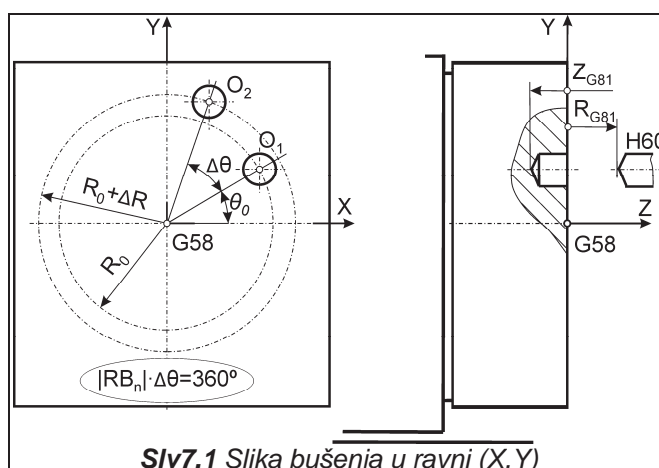
## LV7\_B

 PARAMETARSKO PROGRAMIRANJE  
 OBRADNOG CENTRA LOLA HMC500

## LV7.1 Zadatak

Potrebno je parametarski programirati, u odvojenim programima (O00\*\*), bušenje zadanog broja otvora na obradnom centru LOLA HMC500, ravnomerno raspoređenih na kružnici poluprečnika  $R_0$  (O0011) i/ili na potezima sa prirastom  $\Delta R$  (O0012) i/ili na elipsi (O0013), kao na **Sliv7.1** i po podacima datim u **Tiv7.1**.

Prvi od tih otvora treba da bude na potegu koji je pod uglom  $\theta_0$ . Posle tog prvog otvora ostali otvori se mogu rasporediti u smeru kazaljke sata, ili suprotno od tog smera. Koordinatni sistem obratka postavljen je u nultu tačku G58. Zadatak se odnosi na istovetne otvore: svi počinju od ravnih sa koordinatom  $z=0.0$ , u odnosu na nultu tačku i imaju istu dubinu. Koristiti ciklus G81 za bušenje ovih otvora, za koje je još:  $R_{G81}$  pozicija od G58 po osi Z, na koju se alat dovodi (brzim hodom) prilikom pozicioniranja (sa korekcijom H60) i  $Z_{G81}$  pozicija od G58, do koje se alat vodi (radnim hodom), da bi se završilo bušenje svih otvora. Zadati režim je: S1000 M03 F500. Raspoređivanje otvora na **Sliv7.1** obuhvata i slučaj kada je svaki naredni otvor na potegu većem za  $\Delta R$  od potega prethodnog otvora. Ti otvori mogu biti ravnomerno raspoređeni i na elipsi.



Sliv7.1 Slika bušenja u ravni (X,Y)

**Tiv7.1** Podaci za pojedinačne zadatke za LV7\_B za parametarsko programiranje obradnog centra LOLA HMC500. Oznake: MA1.1 do MA2.3 su podgrupe osnovnih grupa MA1 i MA2, u kojima se rade i pregledaju domaći zadaci. RB je redni broj studenta u spisku njegove podgrupe, po rasporedu za izvođenje vežbi. Za sve podgrupe je  $\Delta R = RB$ . Sa G99 se pokreće ciklus G81, u kojem alat ne koristi sigurnosnu (polaznu) ravan za pozicioniranja, definisanu sa G43. Duža poluosu elipse je  $a = R_0$ , a kraća  $b = R_0 - 4 \cdot RB$ . Ostale oznake su date na **Sliv7.1** i u tekstu.

Podaci ↓	MA1.1	MA1.2	MA1.3	MA2.1	MA2.2	MA2.3	LV7
$R_0$ [mm]	$45 + 2 \cdot RB$	$65 + 2 \cdot RB$	$85 + 2 \cdot RB$	$40 + 2 \cdot RB$	$60 + 2 \cdot RB$	$80 + 2 \cdot RB$	125.0
$\theta_0$ [°]	$20 + 2 \cdot RB$	$40 + 2 \cdot RB$	$60 + 2 \cdot RB$	$25 + 2 \cdot RB$	$45 + 2 \cdot RB$	$65 + 2 \cdot RB$	30.0
$Z_{G81}$ [mm]	$-RB-4$	$-RB-5$	$-RB-6$	$-RB-1$	$-RB-2$	$-RB-3$	-3.0
$R_{G81}$ [mm]	$2 \cdot RB$ , bez G99	$2 \cdot RB$ , sa G99	$2 \cdot RB$ , bez G99	$2 \cdot RB$ , sa G99	$2 \cdot RB$ , bez G99	$2 \cdot RB$ , sa G99	5.0, sa G99
$RB_n$	-3	(+)6	-9	(+)4	-5	(+)8	(+)6

Primedbe:

- Ako je parametar  $RB_n$  pozitivan, onda se otvori ređaju, posle prvog, u pozitivnom smeru, suprotnom od smera kretanja kazaljke na satu. Ako je parametar  $RB_n$  negativan, onda otvore treba ređati, posle prvog, u smeru kretanja kazaljke na satu. Izračunavanje ugla  $\theta_i$  svakog narednog otvora  $O_i$  treba svesti na sabiranje<sup>1)</sup>.
- Uputstvo za pripremu programa za laboratorijsku vežbu i za seminarski rad dato je u odeljku LV7.3. Podaci u koloni LV7 u ovoj tablici iskorišćeni su u odeljku LV7.3 za izradu primera parametarskog programa. Po ugledu na njega može se pripremiti program za laboratorijsku vežbu, ili za seminarski rad. Ovaj primer je ekvivalentan programu O0011, po ovoj postavci zadatka: Otvori se ređaju po kružnici u pozitivnom smeru i ima ih ukupno 6.
- Na sajtu predmeta postoje i primeri parametarskih programa, koje je uradila i proverila kolegica Tanja Bosnić, dipl. inž. maš. Ti programi su nastavak eksperimenata koje je kolegica Bosnić vršila posle uspešne odbrane svog diplomskog rada pod naslovom *Parametarsko programiranje numerički upravljanih mašina alatki* u julu 2011. godine. Ti primeri su na linku [http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma\\_bsc/pdf/bosnic\\_primeri.zip](http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/pdf/bosnic_primeri.zip).
- LV7\_B se izvodi po rasporedu laboratorijskih vežbi koji se pravi za svaku generaciju posebno. Za seminarski rad se pravi plan rada tako da se svi programi iz seminarskih radova mogu blagovremeno verifikovati u Laboratoriji za mašine alatke, po rasporedu rada u Laboratoriji, jer interpreter za parametarske programe za sada postoji samo na obradnom centru LOLA HMC500. Pomoći tih proba treba napraviti korektne programe za vežbu i seminarski.

<sup>1)</sup> Pre početka bušenja treba izračunati konstantni prirast  $\Delta\theta$  centralnog ugla, pa za svaki novi otvor  $\Delta\theta$  dodavati na već izračunati centralni ugao za prethodni otvor. Slično važi za račun potega u programu O0012.

**LV8\_B**
**STUPNJEVITI PRENOSNICI  
ZA GLAVNA OBRITNA KRETANJA**
**LV8.1 Zadatak**

Tema su mehanički stupnjeviti prenosnici za glavno obrtno kretanje sa geometrijskom promenom. Tipični primer su zupčasti prenosnici, sa pomerljivim grupama zupčanika, ili sa spojnicama, ili sa nekom kombinacijom ovih metoda promene stepena prenosa. Mogu biti jednodelni ili razdvojeni, sa ili bez nekog ulaznog stepena za prilagođavanje broju obrta motora. Podešavanja prenosnih odnosa i gabarita prenosnika vrši se sa ili bez specijalnih rešenja sa šupljim vratilima, međuzupčanicima, zajedničkim zupčanicima za više stepena prenosa itd, sa ili bez odstupanja faktora stupnjeva od standardnih [8.1-8.3]. Potrebno je:

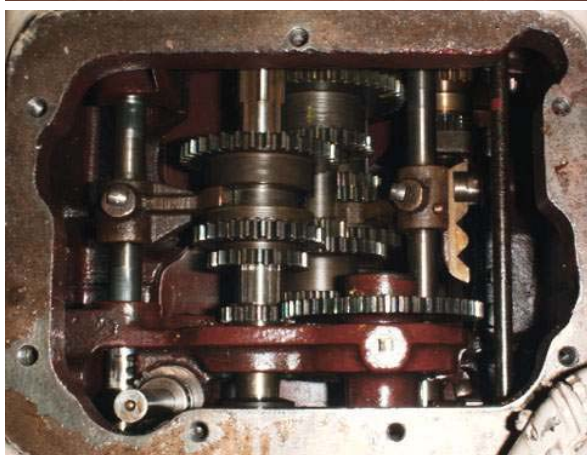
- Analizirati primerke prenosnika za glavno obrtno kretanje mašina alatki za obradu rezanjem, koje postoje u Laboratoriji za mašine alatke.
- Opisati ove prenosnike pomoću: strukturne formule, strukturnog dijagrama, dijagrama brojeva obrta i kinematičke šeme [8.1].
- Dati rezultate ove analize na priloženom obrascu, kao Izveštaj sa vežbe.

**Radna mesta:**

- Radijalna bušilica, Slv8.1a).
- Univerzalni strug, Slv8.1b).
- Produkcioni strug, po potrebi.
- Univerzalna glodalica, po potrebi.

**Priprema radnih mesta:**

- Otvoreni poklopci kućišta prenosnika za glavna kretanja na radijalnoj bušilici i univerzalnom strugu (**Slv8.1a** i **Slv8.1b**).
- Isključena električna napajanja mašina!
- Pribor za obeležavanje pozicija elemenata mašine.



a) Radijalna bušilica.  
Primer prenosnika za glavno kretanje.

b) Univerzalni strug.  
Primer prenosnika za glavno kretanje.

**Slv8.1** Detalji sa radnih mesta za LV8\_B. Obim posla na svakom od njih određuje se planom rada na LV8\_B



## LV9\_B

STUPNJEVITI PRENOSNICI  
ZA POMOĆNA KRETANJA

## LV9.1 Zadatak

U Laboratoriji za mašine alatke izvršiti analizu prenosioca za pomoćno kretanje zadanog struga, a onda nacrtati njegovu kinematičku šemu i sastaviti tablicu koraka navoja, koji se na tom strugu može obraditi. Na dobijenom radnom mestu postoje tablice standardnih koraka, tablice (zaokruženih) koraka navoja, koji se na toj mašini mogu obraditi i podaci o grupi izmenljivih zupčanika, koraku vodećeg vretena i o strukturi prenosioca za glavno kretanje.

## Radna mesta:

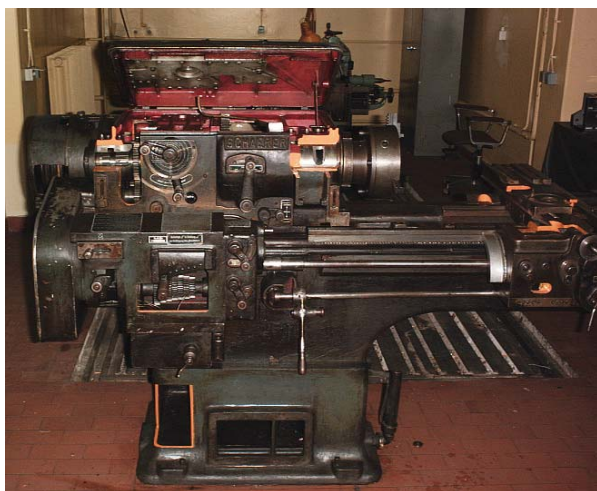
1.  Učilo - univerzalni strug "Šerer", **Slv9.1a)**
2.  Univerzalni strug "Škoda", **Slv9.1b)**

Vrsta navoja koju treba analizirati:  Metrički

## Priprema radnih mesta:

- Isključena električna napajanja mašina!
- Otvoreni poklopci kućišta prenosioca.

Vitvortov  Modulski  Sa koracima:



a) Učilo, univerzalni strug Šerer



b) Univerzalni strug Škoda

**Slv9.1** Detalji sa radnih mesta za vežbu LV9\_B

## LV9.2 Vodič

Ako bi se na nekom radnom mestu zadesio stupnjeviti prenosnik za pomoćna kretanja neke mašine alatke takav da ima geometrijsku promenu tih stupnjeva, onda bi ga trebalo opisivati po ugledu na proceduru primenjenu u LV8\_B. Obično bi takva kretanja bila pravolinijska i za te potrebe imala neki aktuator koji bi ih ostvarivao. To nije predmet ove vežbe. U ovom slučaju je potrebno sprovesti analizu tradicionalne koncepcije prenosioca za pomoćna kretanja univerzalnog struga. Tom prilikom treba smatrati da je njegova osnovna namena za izradu standardnih navoja: metričkih, Vitvortovih, modulskih i njima sličnih. Tada se koristi vodeće vreteno i (dvodelna) navrtka u nosaču alata. Koraci za ostale uobičajene strugarske uzdužne i poprečne obrade dobijaju se kao posledica već pripremljenih prenosioca za izradu navoja, korišćenja vučnog vretena i prenosa odnosa prenosioca u nosaču alata. Ti koraci nisu predmet ove vežbe. Potrebno je:

- Analizirati koncepcije univerzalnih strugova u Laboratoriji za mašine alatke i vrste navoja i njihove korake koji se mogu obraditi na tim strugovima.
- Proveriti da li se može izraditi navoj i nekog drugog koraka i sa kojom pripremom.
- Nacrtati kinematičku šemu dela prenosioca za pomoćna kretanja na zadanom strugu, koji se koristi za obradu navoja, vodeći računa i o spojnicama.
- Pribaviti podatke o prenosnim faktorima u tom delu prenosioca i popisati korake svih navoja, koji se zaista mogu obraditi na tom strugu, bez posebne pripreme.
- Izvršiti zaokružavanje koraka navoja koji se mogu obraditi na posmatranom strugu, kada je to potrebno i uporediti ih sa standardnim koracima za tu vrstu navoja.

Prema tome, glavni deo vežbe izvodi se na zadanom strugu. Posle toga treba obraditi prikupljene podatke da bi se mogli izračunati svi koraci navoja koji se na toj mašini mogu obraditi bez njene posebne pripreme. Sve to treba stilizovati kao Izveštaj sa vežbe i taj izveštaj uraditi na samoj vežbi. Tok vežbe je opisan na **Slv9.2**. Uzorak obrasca za sastavljanje izveštaja dat je u Dodatku, odeljak LV9.4. Na kraju dodatka pokazani su i primeri stupnjevitih prenosioca za pomoćna kretanja sa nekoliko komentara.

**LV10\_M****STATIČKA KRUTOST OBRADNOG SISTEMA**

Ovo je laboratorijska vežba na predmetu Mašine alatke M i ima ova dva dela:

- Uputstvo za izvođenje laboratorijske vežbe i
- Laboratorijska vežba Statička krutost obradnog sistema.

U raspoloživom vremenu uradiće se samo deo koji se odnosi na statičku krutost mašine i to samo na primeru obradnog sistema sa (univerzalnim) strugom. Ispitivaće se univerzalni strug u Laboratoriji za mašine alatke. Ovo uputstvo sadrži uobičajene celine kojima se postavlja laboratorijska vežba za grupu predmeta Mašine alatke: Zadatak, Vodič, Uputstvo za rad i Dodatak sa primerom kompletiranog Izveštaja i Internog zapisa o obavljenom ispitivanju. U pripremi za ovu laboratorijsku vežbu studentima su na rapolaganju i datoteke sa arhiviranim vremenskim zapisima iz sličnih eksperimenata, kao i program za njihovu obradu, koji se koristi i na samoj vežbi (lv10\_m.m), svi u arhivi lv10\_m.rar. Sa ovim programom i datotekama moguće je samostalno proveriti proceduru obrade eksperimentalnih podataka, kakva se sprovodi na ovoj vežbi.

Svaki student samostalno priprema svoj izveštaj po dobijenim uputstvima i na pripremljenim obrascima. U pripremi vežbe potrebno je pridržavati se odredbi kućnog reda u Laboratoriji za mašine alatke i opštih i posebnih mera bezbednosti, da bi se svakako izbegli neželjeni događaji na samoj vežbi. Operativnim radom na vežbi rukovodi imenovani instruktor.

**LV10.1 Zadatak**

Potrebno je izvršiti ispitivanje statičke krutosti jednog od univerzalnih strugova u Laboratoriji za mašine alatke i sastaviti odgovarajući Izveštaj i Interni zapis o obavljenom ispitivanju

**LV10.2 Vodič**

Plan izvođenja ove laboratorijske vežbe sadrži sledeće korake (K):

- K1:** Priprema dokumenata koji se odnose na ovu vežbu. To su: Ispitivanje statičke krutosti univerzalnih strugova, Zapisnik ispitivanja (Obrazac MA.LV10.01 ) i Interni zapis o ispitivanju statičke krutosti univerzalnih strugova (Obrazac MA.LV10.02 ), dostupni na sajtu predmeta.
- K2:** Prisustvo na pripremi za izvođenje ove vežbe.
- K3:** Samostalna priprema za vežbu.
- K4:** Samostalan rad na vežbi sa kompletiranjem Izveštaja. Vežba podrazumeva dve celine. U prvoj se, pomoću sistema za akviziciju podataka, formiraju datoteke sa vremenskim zapisima sile i pomeraja pojedinih podstruktura mašine, pri cikličnim promenama statičke sile. U drugom delu vežbe se vrši obrada tih vremenskih zapisa sa ciljem identifikacije parametara statičke krutosti i zazora za pojedine podstrukture i za mašinu u celini.
- K5:** Izrada Izveštaja podrazumeva: (i) kompletiranje Zapisnika o ispitivanju statičke krutosti i (ii) kompletiranje Internog zapisa o obavljenom ispitivanju. Jedan primer Izveštaja sa ove vežbe i Internog zapisa je pokazan u odeljku 10.4.

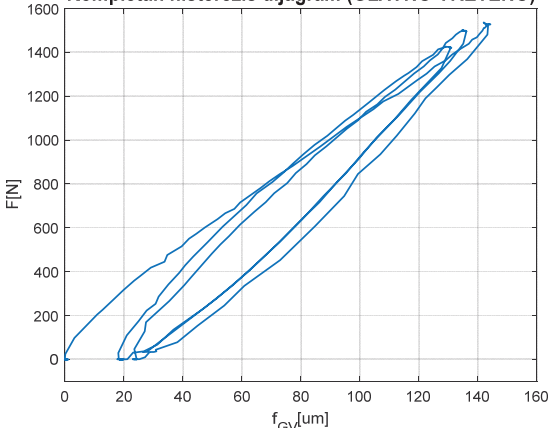
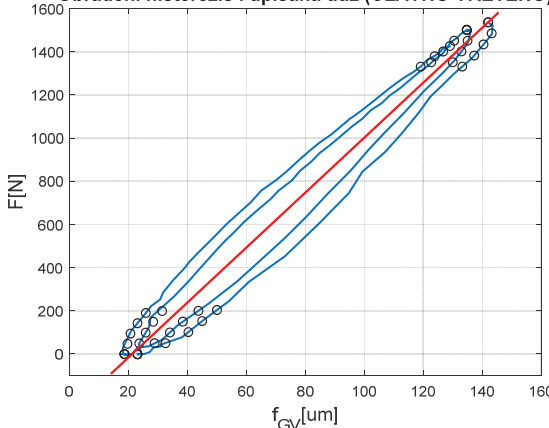
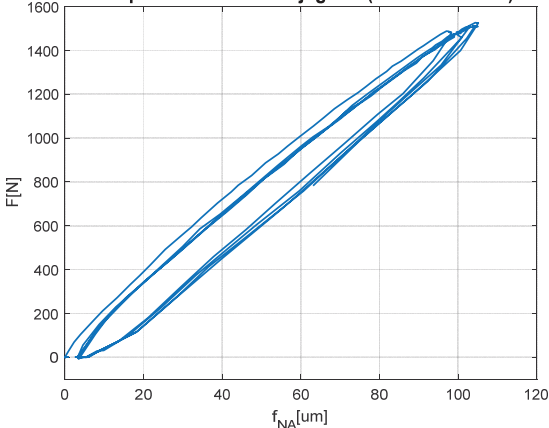
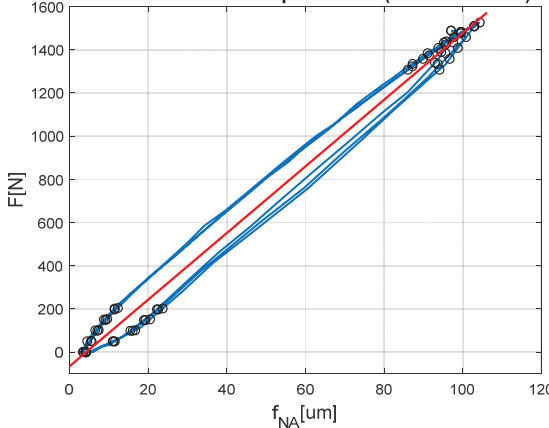
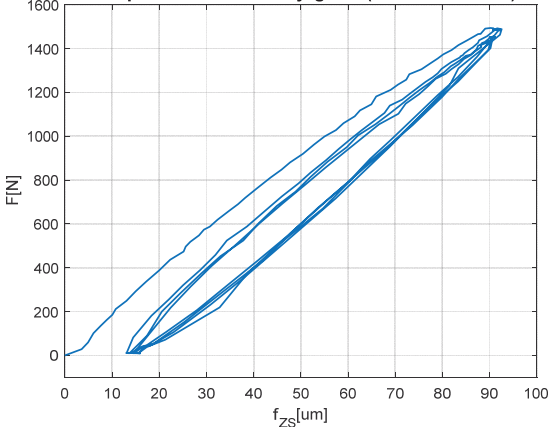
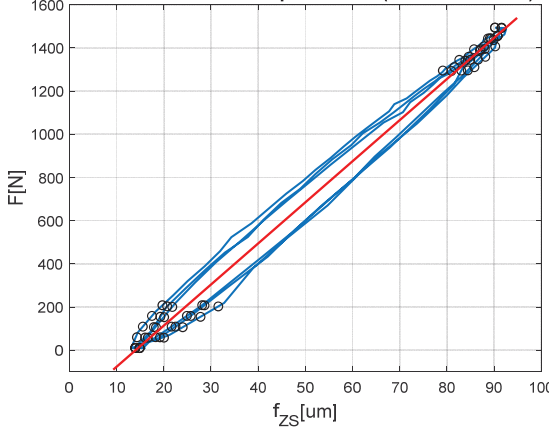
**LV10.3 Uputstvo za rad**

Postavka identifikacije statičke krutosti struga je klasična [10.1, 10.2], pomoću histerezis dijagrama, **Slv10.1**. Međutim, akvizicija i obrada eksperimentalnih podataka nije klasična. Pomeraji na glavnom vretenu, nosaču alata i zadnjem šiljku mere se električnim komparatorom, ne mehaničkim, a i dinamometar ima merne trake, nije mehanički, pa se i sila meri električnim putem. U obradi dobijenih podataka implicitno se posmatra histerezis dijagram. Prvo se ti histerezis dijagrami pripreme za obradu, pa se u tako pripremljene dijagrame upisuju prave po metodu najmanjih kvadrata. Pomoću parametara tih upisanih prava ocenjuju se krutosti mašine na ova tri merna mesta. U opštem slučaju se i opterećenje ne uvodi na sredini raspona između šiljaka, već na proizvoljno odabranom mestu između njih. Tako je klasična procedura, sa uvođenjem sile na sredini tog raspona, samo specijalni slučaj ove vežbe. To će ovde biti kratko opisano da bi se vežba mogla efikasno obaviti.

Vežba ima dva dela. Na prvom delu se priprema sama mašina i instalacija za merenje i akviziciju podataka (**Slv10.2.a**). Pomeraji se mere elektronskim komparatorom (za primer je pokazano merno mesto na glavnom vretenu, **Slv10.2b**), Statička sila, koja se uvodi između nosača alata i trna, postavljenog između šiljaka, meri se pomoću dinamometra (**Slv10.2c**), sa elektrooptičnim mernim trakama. Pored ova dva pretvarača (za silu i pomeraj) instalaciju za akviziciju (**Slv10.2d**), čine i komponente za kondicioniranje signala (laboratorijski pojačavači), modul za akviziciju podataka, sa odgovarajućim analognim ulaznim modulom i računara sa

	MAŠINE ALATKE Laboratorijske vežbe	INTERNI ZAPIS ISPITIVANJE STATIČKE KRUTOSTI UNIVERZALNIH STRUGOVA	Obrazac: <b>MA.LV10.02</b>	
			Br. 181/2016	List D1/3

**E. HISTEREZIS DIJAGRAMI, ODREĐENI MERENJEM I NAKNADNO OBRADENI**Program, korišćen za obradu podataka: **lv10\_dm.m**

<b>Kompletan histerezis dijagram (GLAVNO VRETENO)</b> 		<b>Obradeni histerezis i upisana duž (GLAVNO VRETENO)</b> 	
<i>koef1(GV) [N/um]</i>	<i>koef2(GV) [N/um]</i>	$K_{GV}$ [N/m]	$\Delta_{GV}$ [N/um]
-303.22	12.83	7.29 e+06	23.6
<b>Kompletan histerezis dijagram (NOSAČ ALATA)</b> 		<b>Obradeni histerezis i upisana duž (NOSAČ ALATA)</b> 	
<i>koef1(NA) [N/um]</i>	<i>koef2(NA) [N/um]</i>	$K_{NA}$ [N/m]	$\Delta_{NA}$ [N/um]
-66.04	15.43	15.43 e+06	4.3
<b>Kompletan histerezis dijagram (ZADNJI ŠILJAK)</b> 		<b>Obradeni histerezis i upisana duž (ZADNJI ŠILJAK)</b> 	
<i>koef1(ZS) [N/um]</i>	<i>koef2(ZS) [N/um]</i>	$K_{ZS}$ [N/m]	$\Delta_{ZS}$ [N/um]
-266.10	19.02	8.2 e+06	14.0

## LV11\_M ISPITIVANJE TAČNOSTI STRUGOVA

Ovo je laboratorijska vežba na predmetu Mašine alatke M i ima ova dva dela:

- uputstvo za izvođenje laboratorijske vežbe i
- laboratorijska vežba Ispitivanje tačnosti strugova.

Za potrebe izvođenja ove laboratorijske vežbe izabrana je tačnost strugova prema važećim SRPS standardima za ispitivanje mašina alatki [11.1-11.5]. Od procedure propisane standardima odabran je deo koji je moguće obaviti u vremenu raspoloživom za ovu vežbu. Svakako se pokazuje i sprovodi deo te procedure kojim se pokazatelji kvaliteta obradnog sistema sa strugom određuju neposrednim merenjem i deo kojim se pokazatelji obradnog sistema sa strugom određuju posrednim merenjima. Sastavljaju se Izveštaj sa ove vežbe i Plan za pripremu prezentacije za Završni ispit. Predočava se Kućni red u Laboratoriji i vrši priprema za vežbu tako da se on može poštovati.

U raspoloživom vremenu uradiće se samo deo koji se odnosi na ispitivanje tačnosti strugova i to na primeru obradnog sistema sa (univerzalnim) strugom. Po tome je naslov radnog dela ove laboratorijske vežbe sledeći: Ispitivanje tačnosti (univerzalnog) struga. Ispitivaće se univerzalni strugovi Škoda i Niles u Laboratoriji za mašine alatke. Ovo uputstvo sadrži uobičajene celine kojima se postavlja laboratorijska vežba za grupu predmeta Mašine alatke: Zadatak, Vodič, Uputstvo za rad i Dodatak. Dodatak i u ovom slučaju sadrži popunjen obrazac **MA.LV11.01** kao Izveštaj o jednom ispitivanju tačnosti strugova. Na sajtu predmeta obrazac se može preuzeti kao *izv\_tac\_strug\_m.doc*.

Svaki student samostalno priprema svoj Izveštaj po dobijenim uputstvima i na pripremljenom obrascu i povezuje ga u svoj Elaborat za predmet u odeljku o laboratorijskim vežbama.

### LV11.1 Zadatak

Potrebno je sprovesti standardizovan postupak ispitivanja tačnosti odabranih strugova sa ručnim upravljanjem i njihove tačnosti obrade. Odabrano je: Ispitivanje tačnosti strugova normalne tačnosti najvećeg prečnika obrade do 800 mm, prema standardu SRPS M.G1.001:1988, koji je ekvivalentan standardu ISO1708:1983 (Acceptance conditions for general purpose parallel lathes -Testing of the accuracy) [11.1].

Ova laboratorijska vežba izvodi se na tradicionalan način, ali u skraćenom obimu. Zaključci sa vežbe mogu da se koriste samo za potrebe edukacije za ispitivanje mašina alatki. Otuda je dovoljna oprema pokazana na **Slv11.1**. Ona je ionako propisana ovim i pratećim standardima [11.1-11.5].



**Slv11.1** Resursi za laboratorijsku vežbu

U pripremi mašine za ispitivanje prvo se vrši ispitivanje bučnosti mašine, pokretljivosti njenih elemenata i karakteristika mašine (brojeva obrta, veličina pomaka itd). To nije predmet ove vežbe. Po standardima za ispitivanje tačnosti mašina alatki obično je propisano: redni broj, slika, predmet merenja, merni instrumenti, postupak merenja, veza sa drugim standardima i odstupanja (dozvoljena i izmerena). To je i u standardnom izveštaju o ispitivanju. Izveštaji o ispitivanju na ovoj vežbi su redukovani u odnosu na standardne: sadrže samo neke predmete ispitivanja, a i za njih su zadržane samo stavke redni broj, predmet merenja i odstupanja (dozvoljena i izmerena). Izveštaji se kompletiraju u toku vežbe i povezuju u Elaborat za predmet.

## LV12\_M

# RADNA TAČNOST NUMERIČKI UPRAVLJANIH GLODALICA

Ovo je laboratorijska vežba na predmetu Mašine alatke M i ima ova dva dela:

- Uputstvo za izvođenje laboratorijske vežbe i
- Laboratorijska vežba Radna tačnost numerički upravljanih glodalica.

Za potrebe izvođenja ove laboratorijske vežbe izabrana je radna tačnost obradnih centara prema važećim standardima za ispitivanje mašina alatki. Izabran je standard ISO 10791-7:1998 (Test conditions for machining centres Part 7: Accuracy of a finished test piece - 1998) [12.1].

Od procedure propisane standardom bira se deo koji je moguće obaviti u vremenu raspoloživom za ovu vežbu. Svakako se pokazuje i sprovodi deo te procedure kojim se pokazatelji kvaliteta obradnog sistema sa obradnim centrom određuju posrednim merenjem na probnom delu, koji je propisan standardom. Sastavljaju se Izveštaj sa ove vežbe i Plan za pripremu prezentacije za Završni ispit. Predočava se Kućni red u Laboratoriji i vrši priprema tako da se on može poštovati.

Ovo uputstvo sadrži uobičajene celine kojima se postavlja laboratorijska vežba za grupu predmeta Mašine alatke: Zadatak, Vodič, Uputstvo za rad i Dodatak. Dodatak u ovom slučaju sadrži Obrazac za Izveštaj o ispitivanju radne tačnosti numerički upravljanih glodalica (*izv\_ispit\_nu\_glod.doc*) pripremljenog prema standardu ISO 10791-7.

Svaki student samostalno priprema svoj Izveštaj po dobijenim uputstvima i na pripremljenom obrascu, pa ga povezuje u svoj Elaborat za predmet u odeljku o laboratorijskim vežbama.

### LV12.1 Zadatak

Potrebno je sprovesti standardizovan postupak ispitivanja radne tačnosti odabrane numerički upravljane glodalice, ovde obradnog centra - LOLA HMC500, **Slv12.1a**.

Ova laboratorijska vežba izvodi se na tradicionalan način, ali u skraćenom obimu. Zaključci sa vežbe mogu da se koriste samo za potrebe edukacije za ispitivanje mašina alatki. Otuda je dovoljna oprema pokazana na **Slv12.1b**. Za pouzdana merenja obično se koristi numerički upravljana merna mašina.



a) Horizontalni obradni centar LOLA HMC500



b) Merna oprema

### Slv12.1 Resursi za laboratorijsku vežbu LV12\_M

Priprema mašine za ispitivanje vrši se po odredbama standarda ISO 10791-7. Izveštaj o ispitivanju je pripremljen prema proverama koje propisuje ovaj standard i kompletira se u toku laboratorijske vežbe. Za merenja se koristi raspoloživa merna oprema prema Laboratorije za mašine alatke, kao što su komparatori, granična merila, sinusni lenjir i slična, ili numerički upravljana merna mašina, kada bude raspoloživa.

## LV13\_M

# TEST KRUŽNE INTERPOLACIJE PO STANDARDU ISO 230-4:2005

### LV13.1 Zadatak

U Laboratoriji za mašine alatke izvršiti ispitivanje odabrane numerički upravljane mašine alatke pomoću testa kružne interpolacije po standardu ISO 230-4:2005 [13.1]. Kroz eksperiment se formiraju vremenski zapisi odstupanja poluprečnika na ostvarenoj programiranoj kružnoj putanji, na razmatranoj mašini. U obradi eksperimentalnih podataka prvo identifikovati upisani krug po metodu najmanjih kvadrata. Posle toga odrediti dvosmernu grešku kružnosti  $G(b)$  i greške kružnosti  $G$  pojedinačnih putanja u smeru kazaljke na satu (CW) i u smeru suprotnom kretanju kazaljke na satu (CCW). Na kraju razmotriti i deo od toga uraditi: (i) upisivanje elipse u stvarne putanje, (ii) identifikaciju uzroka grešaka na ostvarenim putanjama u kružnoj interpolaciji, korišćenjem tablica tipičnih grešaka sa njihovim uzrocima, (iii) upotrebljivost ostvarenih putanja za određivanje radijalnih odstupanja, (iv) metode upisivanja kruga i elipse u eksperimentalne podatke, dobijene u testu kružne interpolacije itd. Vežba se može izvoditi na dva radna mesta (RM), popisana u **Tlv13.1**.

Tlv13.1 Radna mesta za laboratorijsku vežbu test kružne interpolacije	
Radna mesta:	Priprema radnih mesta:
RM1: Horizontalni obradni centar sa priborom za ispitivanje glodalica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pripremljen program za rad mašine prilikom ispitivanja.</li> <li>• Pripremljen računar za akviziciju eksperimentalnih podataka i priključen na pribor za ispitivanje mašine.</li> <li>• Pripremljen dijagram baždarenja pretvarača puta u mernom instrumentu.</li> <li>• Propisno pripremljena mašina za ispitivanje.</li> <li>• Pripremljeni programi za obradu eksperimentalnih podataka.</li> <li>• Pripremljen plan ispitivanja.</li> </ul>
RM2:	
Numerički upravljani strug sa priborom za ispitivanje strugova.	
<p>Pre početka ispitivanja treba proveriti i opisati uslove ispitivanja po odredbama standarda ISO 230-4:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Laboratorija. Temperatura u prostoriji, temperatura mašine, temperatura mernog instrumenta, vreme držanja mernog instrumenta pored mašine pre početka ispitivanja.</li> <li>(2) Mašina. Da je kompletna, ispravna, bez obratka i pomoćnog pribora i da je prisutan obučeni rukovaoc.</li> <li>(3) Priprema mašine. Da je praćena procedura zagrevanja mašine pre početka ispitivanja.</li> <li>(4) Parametri testa. Da je poznato: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Prečnik (ili poluprečnik) nominalne putanje za koju je mašina programirana za ispitivanje.</li> <li>➤ Brzina pomoćnog kretanja.</li> <li>➤ Smer kružne interpolacije, CW, CCW, ili oba.</li> <li>➤ Ose mašine, koje vrše kružnu interpolaciju, a time i koordinatna ravan (O1;O2) u kojoj se vrši ispitivanje.</li> <li>➤ Pozicija mernog instrumenta u radnom prostoru mašine.</li> <li>➤ Temperature prostorije, mernog instrumenta i mašine, ako se planira i određivanje radijalnog odstupanja.</li> <li>➤ Metod akvizicije eksperimentalnih podataka, polazna i krajnja tačka svake pojedinačne putanje. Broj odmeraka na putanji. Plan za eventualno korišćenje filtera i/ili peglanja eksperimentalnih krivih.</li> <li>➤ Koriste li se kakvi kompenzacioni algoritmi u upravljanju mašinom.</li> <li>➤ Pozicije osa koje se kreću za vreme ispitivanja mašine.</li> </ul> </li> <li>(5) Podaci o kalibraciji mernog instrumenta ako se planira određivanje radijalnog odstupanja.</li> </ol>	

Praktično izvođenje ove vežbe podrazumeva odgovarajuću pripremu, u vidu auditornih vežbi. Praktični deo vežbe se izvodi na mašini, uz angažovanje kvalifikovanog rukovaoca. Imenovani instruktor za ovu vežbu je u obavezi da ukaže na opšta i posebna pravila o bezbednosti na radu i da prati njihovu primenu.

U terminu vežbe se, nakon realizacije eksperimentalnog dela i potrebne obrade podataka, kompletira i odgovarajući Izveštaj. U LV13.4 (Dodatak) dat je jedan primer, a koji sadrži Izveštaj i Interni zapis o obavljenom ispitivanju. U tu svrhu, na sajtu predmeta, su dostupne elektronske verzije odgovarajućih obrazaca: LV.MA.13.01 (izveštaj) i LV.MA.13.02 (interni zapis).

### LV13.2 Vodič

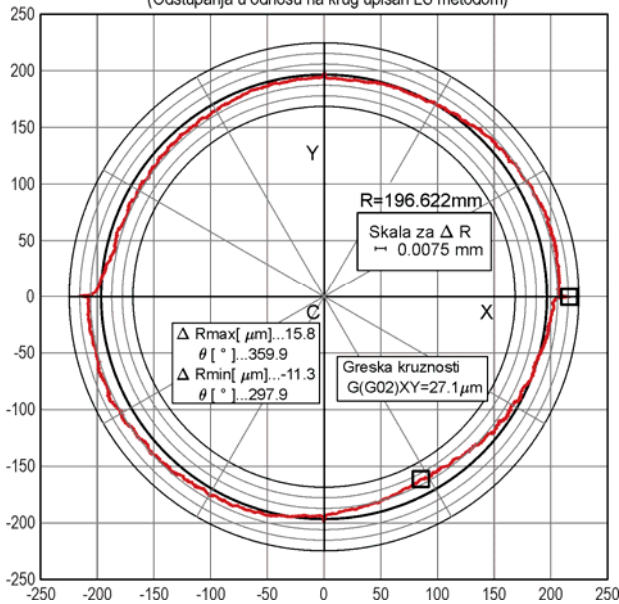
Po standardu ISO 230-4 propisano je određivanje ove tri greške u testu kružne interpolacije: Dvosmerna greška kružnosti  $G(b)$ , Greška kružnosti  $G$  i Radijalno odstupanje  $F_{max}$  i  $F_{min}$ .

Rekapitulacija testa kružne interpolacije data je u **Tlv13.2**. Pored navedenih kvantitativnih pokazatelja, ovaj standard daje i određen broj polarnih dijagrama tipičnih grešaka, koje mogu biti prepoznate u zapisima formiranim tokom eksperimenata. Ovi, kvalitativni, pokazatelji obično i ukazuju na poreklo grešaka. U literaturi [13.2] je moguće pronaći i širu verziju različitih oblika grešaka, u odnosu na onu sadržanu u ISO 230-4.

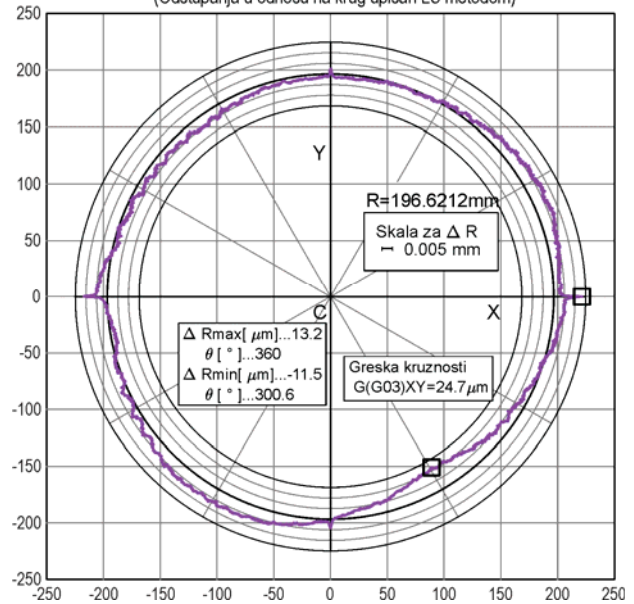
	<b>MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>INTERNI ZAPIS - TEST KRUŽNE INTERPOLACIJE</b> PO STANDARDU ISO 230-4/2005	Obrazac: <b>MA.LV13.02</b>	
			Br. 142/18	List 4/4

**D8. Zapisi i rezultati obrade podataka za greške kružnosti G(G02)XY i G(G03)XY**

Zapis odstupanja radijusa na putanji u smeru: G02  
(Odstupanja u odnosu na krug upisan LS metodom)



Zapis odstupanja radijusa na putanji u smeru: G03  
(Odstupanja u odnosu na krug upisan LS metodom)

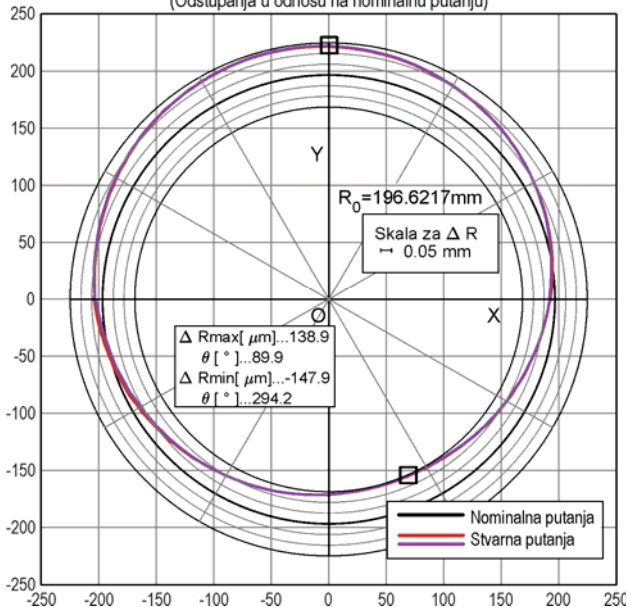


R [mm]		Xc [mm]		Yc [mm]	
196.622		0.0294		0.134	
ΔRmin [μm]	θ(ΔRmin) [°]	ΔRmax [μm]	θ(ΔRmax) [°]		
-11.3	297.9	15.8	359.9		
G(G03)XY=ΔRmax-ΔRmin		G(G02)XY[μm]:		27.1	

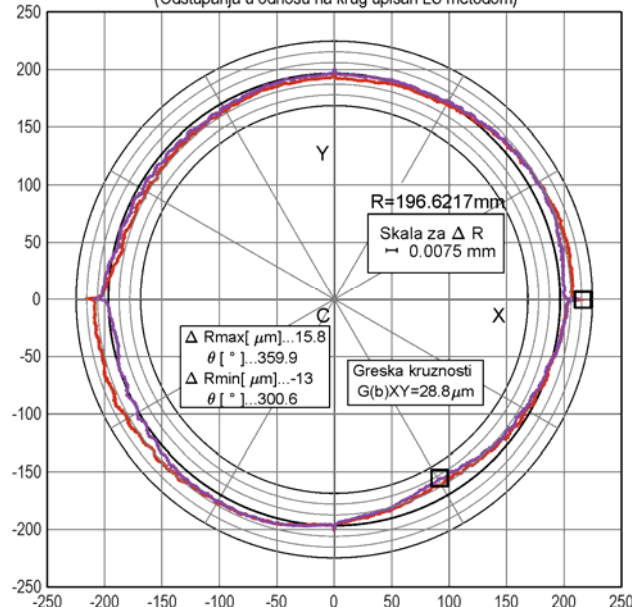
R [mm]		Xc [mm]		Yc [mm]	
196.621		0.029		0.137	
ΔRmin [μm]	θ(ΔRmin) [°]	ΔRmax [μm]	θ(ΔRmax) [°]		
-11.5	300.6	13.2	0.0		
G(G03)XY=ΔRmax-ΔRmin		G(G03)XY[μm]:		24.7	

**D9. Zapisi i rezultati obrade podataka za dvosmernu grešku kružnosti G(b)XY**

Zapis odstupanja radijusa na putanji u smeru: G02 i G03  
(Odstupanja u odnosu na nominalnu putanju)



Zapis odstupanja radijusa na putanji u smeru: G02 i G03  
(Odstupanja u odnosu na krug upisan LS metodom)



ΔRmin [μm]	θ(ΔRmin) [°]	ΔRmax [μm]	θ(ΔRmax) [°]
-147.9	294.2	138.9	89.9
KRAJ INTERNOG ZAPISA			

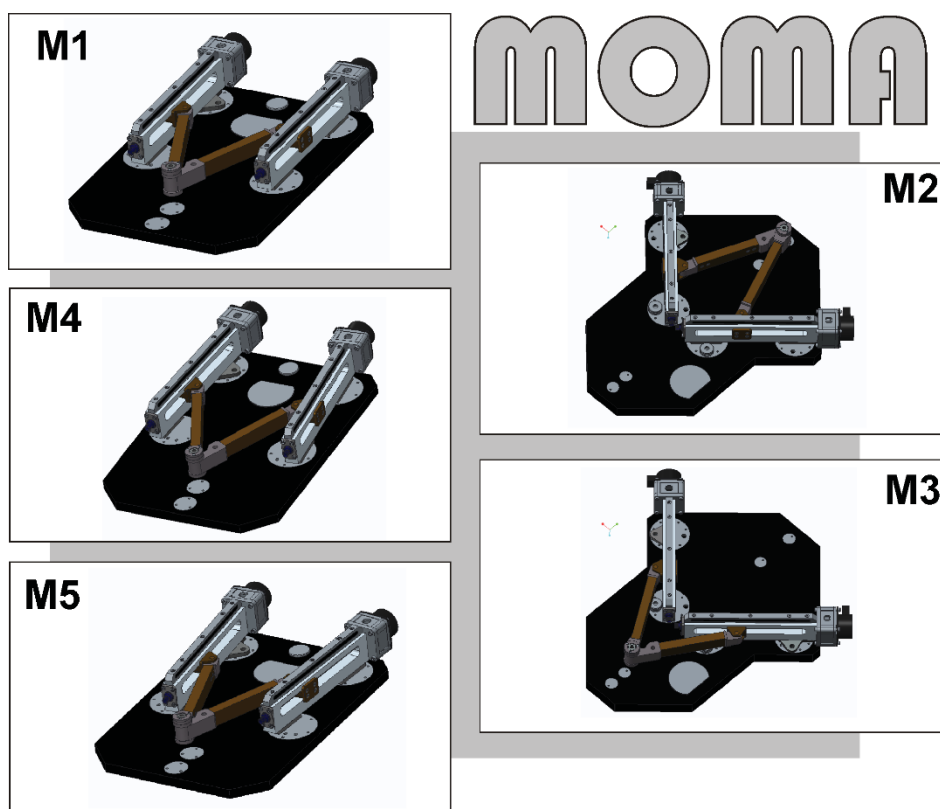
R [mm]		Xc [mm]		Yc [mm]	
196.622		0.029		0.136	
ΔRmin [μm]	θ(ΔRmin) [°]	ΔRmax [μm]	θ(ΔRmax) [°]		
-13.0	300.6	15.8	359.9		
G(b)XY=ΔRmax-ΔRmin		G(b)XY [μm]:		28.8	

## LV14\_M

KONFIGURISANJE I PROGRAMIRANJE  
REKONFIGURABILNE MAŠINE MOMA OTVORENE  
ARHITEKTURE UPRAVLJANJA

## LV14.1 Zadatak

U Laboratoriji za mašine alatke izvršiti potrebne pripreme za konfigurisanje i programiranje rekonfigurabilne mašine alatke MOMA (**MO**dularna **Ma**šina **Alat**ka) sa upravljanjem otvorene arhitekture na LinuxCNC platformi (EMC2) [14.1, 14.2]. Potrebno je programirati mašinu za deo (konturu) po zadanom crtežu za potrebe izvođenja laboratorijske vežbe i/ili seminarskog rada. Edukaciona stona mašina alatka MOMA u osnovi ima rekonfigurabilni dvoosni paralelni mehanizam. Za laboratorijsku vežbu se vrši priprema izabrane konfiguracije MOMA i programa za iscrtavanje kontura prema zadanim crtežima. Koristiti obrasce za potrebnu tehnološku dokumentaciju, a program za mašinu sastaviti po ovom uputstvu i u propisnom formatu. U pripremi za ovu vežbu valja koristiti još i dopunski materijal, postavljen na sajtu predmeta i prisustvovati prvom delu vežbe, kada se daje uputstvo za izvođenje ove laboratorijske vežbe. Raspoložive osnovne konfiguracije stone rekonfigurabilne mašine alatke otvorene arhitekture upravljanja MOMA u pet različitih varijanti pokazane su na **Slv14.1**.



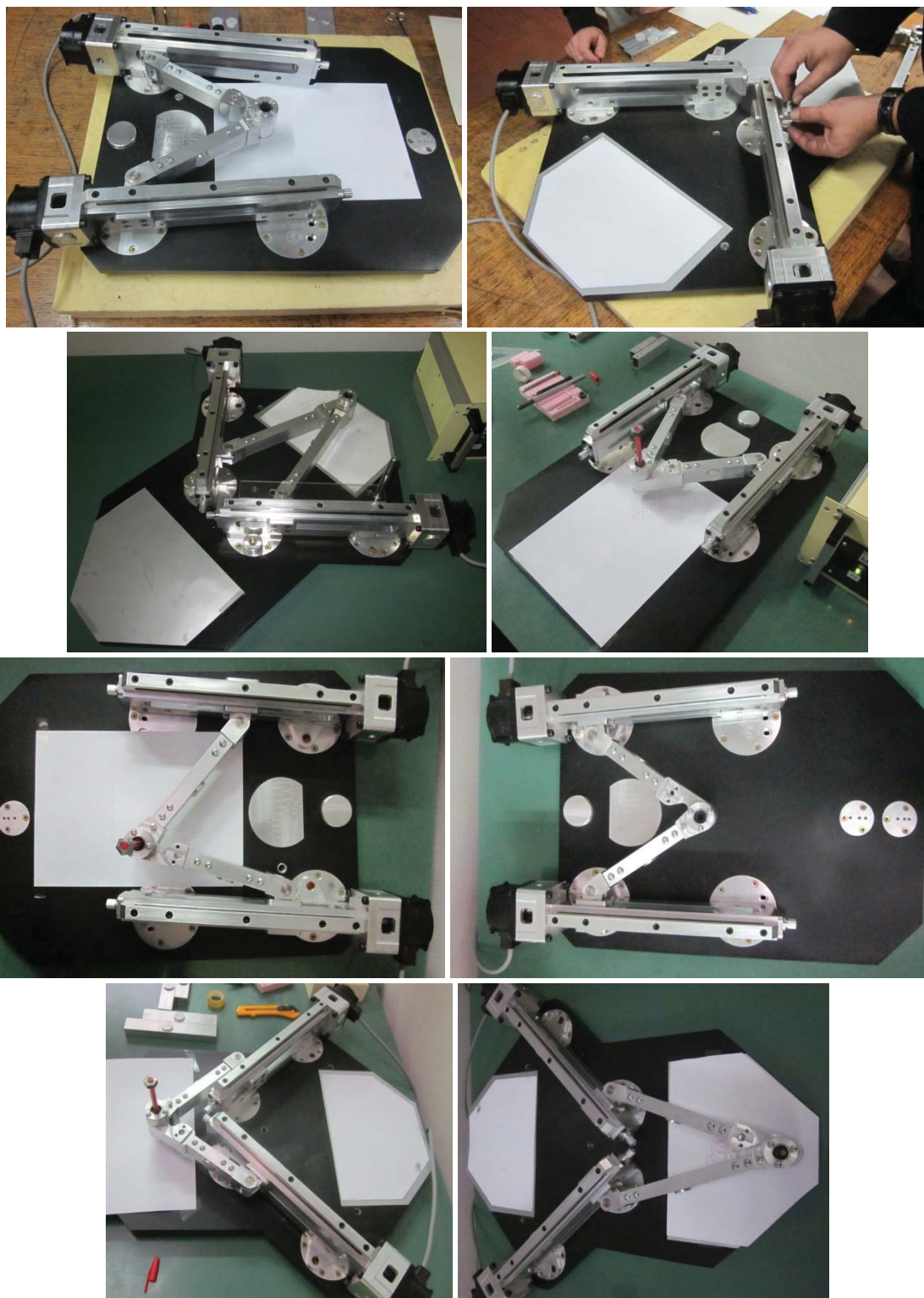
**Slv14.1** Pet osnovnih konfiguracija stone rekonfigurabilne mašine MOMA [14.1, 14.2]

Seminarski rad se realizuje na temu: Stona dvoosna rekonfigurabilna mašina sa paralelnom kinematikom i obuhvata konfigurisanje hardvera mehanizma i konfigurisanje softvera, odnosno upravljanja. Na ovaj način se rekonfigurišu i hardver i softver rekonfigurabilne mašine [14.3]. Ovo je i prilika da se rekonfigurabilne mašine alatke (i obradni sistemi) i praktično interpretiraju radi studiranja i ovih postavki: Potreban uslov za rekonfigurabilnost sistema jeste da je modularan. Dovoljan uslov je da postoje pravila i dovoljno modula da se mogu rekonfigurisati. Pregled osnovnih koncepcija stonih rekonfigurabilnih mašina MOMA dat je na **Slv14.2**. Svaka od ovih mašina ima više konfiguracija potrebnih za pojedinačne zadatke za seminarske radove. U pojedinačnim zadacima za mašine tipa M1, M4 i M5 postoje devet verzija i tri verzije mašina tipa M3. Sve verzije mašina tipa M1, M4, M5 i M3, mogu biti mašine i za izvođenje laboratorijske vežbe. Mašina tipa M2 nije predmet seminarskog rada i koristiće se samo za laboratorijsku vežbu za ručno programiranje (dvoosnih) mašina alatki sa paralelnom kinematikom.



## LV14.4 Dodatak

U ovom odeljku na početku je na **Siv14.29** dat primer različitih konfiguracija mašine MOMA. Nakon toga sledi primer popunjenog obrasca **MA.LV14.01**, za mašinu MOMA tipa M2, izveštaja o programiranju ove stane mašine. Ovaj dokument može da se koristi za sastavljanje i kompletiranje Izveštaja sa ove laboratorijske vežbe za bilo koju varijantu mašine MOMA. Za pripremu Izveštaja tokom verifikacije seminarskog rada (PS-5), dat je i primer popunjenog obrasca **MA.LV14.02**.

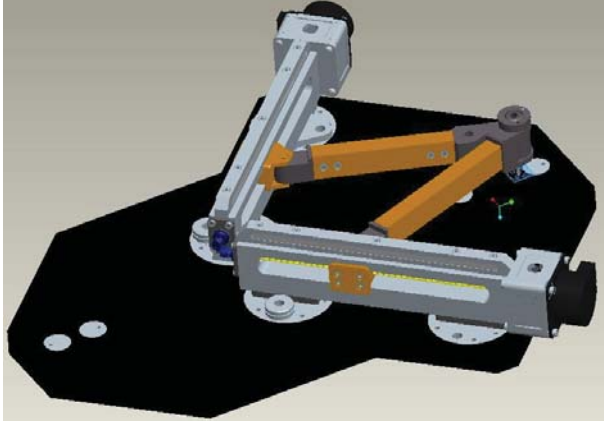
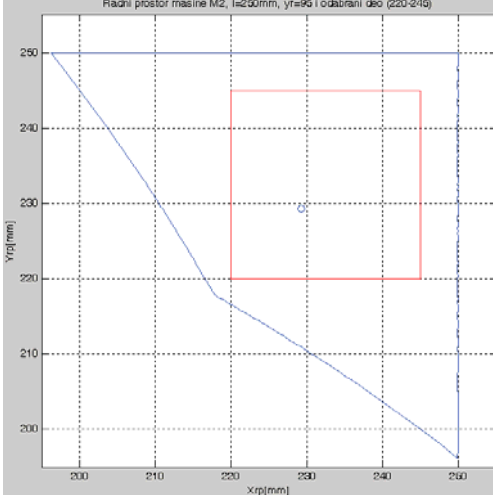


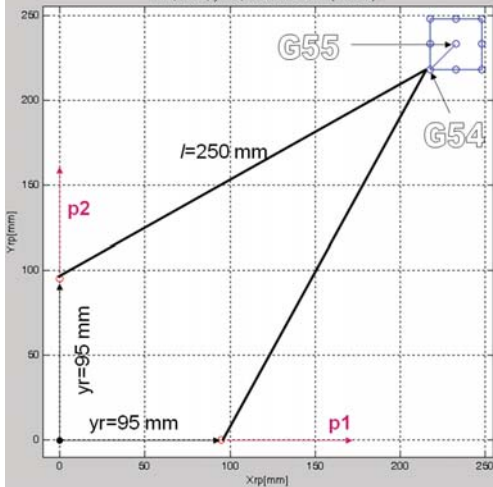
*Siv14.29 Primeri različitih konfiguracija mašine MOMA*

	Univerzitet u Beogradu. Mašinski fakultet. <b>KaProM-MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>IZVEŠTAJ - PROGRAMIRANJE</b> STONE REKONFIGURABILNE MAŠINE MOMA	Obrazac: <b>MA.LV14.01</b>	
			Br. 258/12	List 1/3

<b>MOMA</b>	Program broj:	ASCII file:
-------------	---------------	-------------

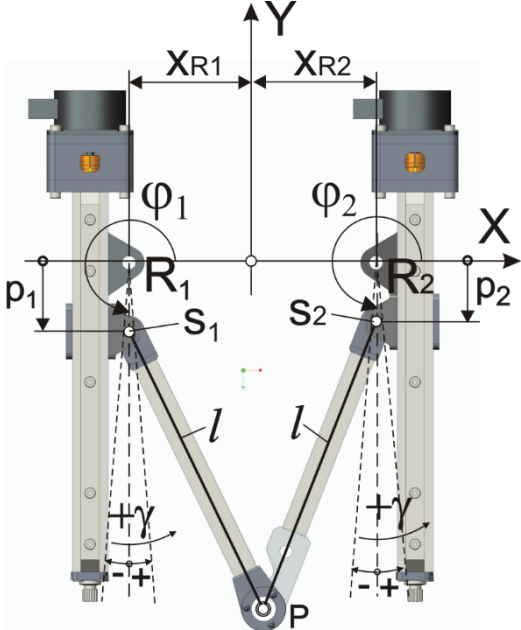
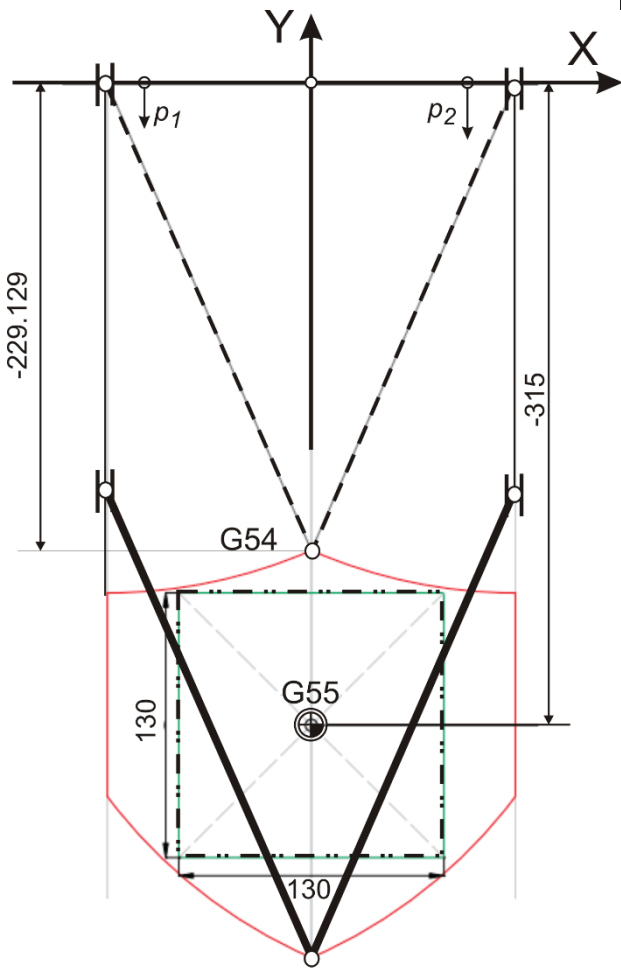
<b>KINEMATIČKI MODEL STONE MAŠINE MOMA</b> 	<b>IZBOR KONFIGURACIJE MOMA</b> <input type="checkbox"/> M1 <input type="checkbox"/> M41 <input type="checkbox"/> M5 <input checked="" type="checkbox"/> M2 <input type="checkbox"/> M3 Osnovni parametri paralelnog mehanizma MOMA za izabranu konfiguraciju: $l_1 = l_2 = l = 250 \text{ mm}$ $y_r = x_r = 95 \text{ mm}$
--	---

<b>MODEL KONFIGURACIJE STONE MAŠINE MOMA</b> 	<b>RADNI PROSTOR</b> 
--	---

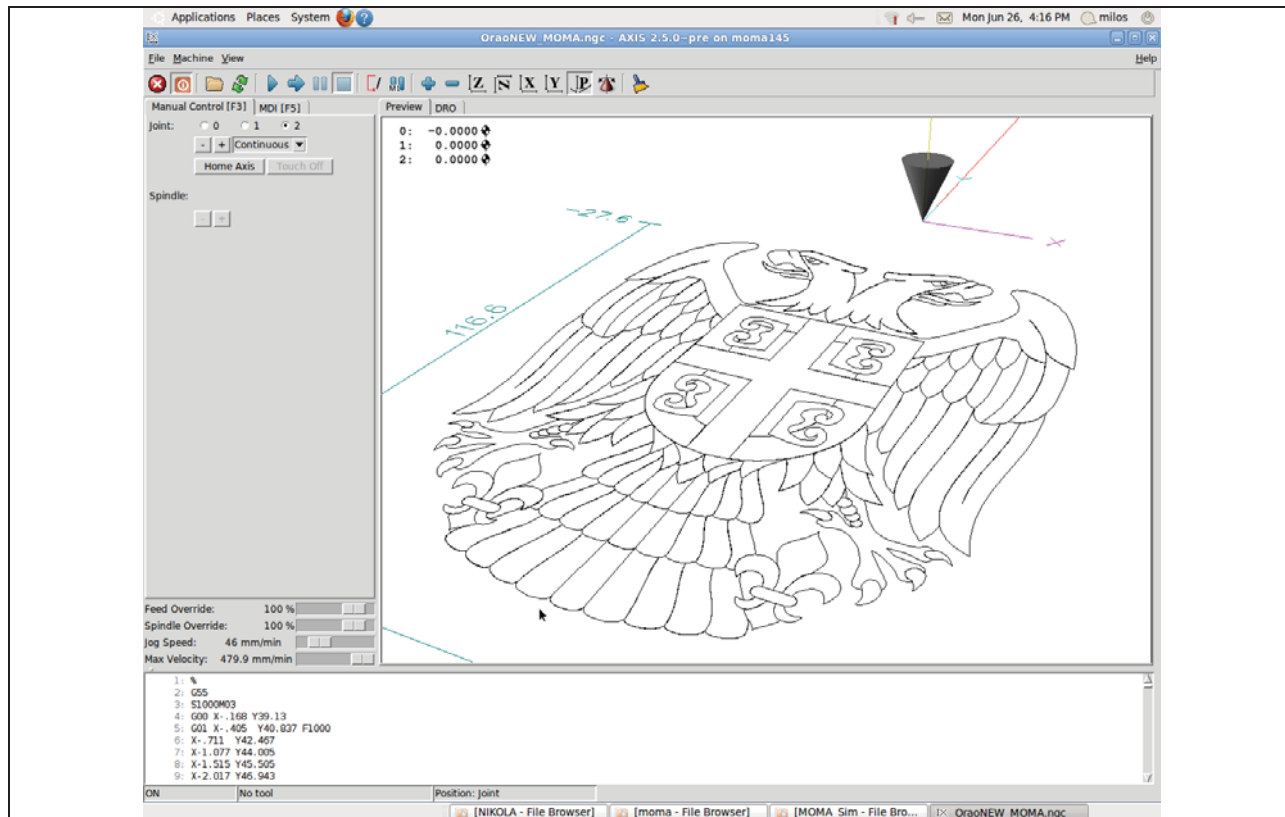
<b>POSTAVLJANJE NULTIH TAČKA NA MAŠINI</b> Za izračunatu poziciju platforme kada je $p_1 = 0$ i $p_2 = 0$ postaviti nultu tačku G54 $G10 I2 p1 X217.8 Y217.8 (G54)$ Za središnju tačku omeđenog dela radnog prostora odrediti poziciju platforme i postavi nultu tačku G55 $G10 I2 p2 X232.5 Y232.5 (G55)$	<b>NULTE TAČKE</b> 
--	--

Mesto	Ispitivač	Datum	Instruktor
MF Beograd, ZMA	Tomislav Petrović (258/12)	10. 03. 2020.	S. Živanović, N. Vorkapić

	<b>MAŠINE ALATKE</b> Seminarski rad	<b>VERIFIKACIJA SEMINARSKOG RADA PS-5</b>	Obrazac: <b>MA.LV14.02</b>	
			Br. 258/12	List 1/6

KINEMATIČKI MODEL MAŠINE MOMA M1.1	RADNI PROSTOR
	Radni prostor mašine (maksimalni dostizivi sa izdvojenim delom radnog prostora pravilnog geometrijskog oblika i obeleženom nultom tačkom G54 i G55. Kotirati položaje G54 i G55 u odnosu na koordinatni sistem (X,Y). Za crtez radnog prostora je dovoljno primeniti geometrijski način određivanja. Radni prostor se može odrediti i analitički primenom rešenja inverznog i/ili direktnog geometrijskog problema.
Ovde dati crtez kinematičkog modela zadate mašine MOMA.	
<b>Osnovni parametri paralelnog mehanizma MOMA za izabranu konfiguraciju:</b>	
Dužine spojki; $l = 250 \text{ mm}$	
$R_1, R_2$ : Referentne tačke pogonskih osa	
Položaj referentnih tačaka po X osi: $x_{R1} = -100 \text{ mm}, x_{R2} = 100 \text{ mm}$	
Položaj referentnih tačaka po Y osi: $y_{R1} = 0 \text{ mm}, y_{R2} = 0 \text{ mm}$	
Ugao zaokretanja prema osi Y: $\gamma_1 = 0^\circ, \gamma_2 = 0^\circ$	
Uglovi orijentacije pogonskih osa u odnosu na X osu: $\varphi_1 = 3\pi/2, \varphi_2 = 3\pi/2$	
<b>POSTAVLJANJE NULTIH TAČAKA NA MAŠINI</b>	
Za izračunatu poziciju platforme kada je $p_1 = 0$ i $p_2 = 0$ postaviti nultu tačku G54.	Za središnju tačku omeđenog dela radnog prostora odrediti poziciju platforme i postaviti nultu tačku G55
(G54): G10 I2 p1 X0 Y-229.129	(G55): G10 I2 p2 X0 Y-315

	<b>MAŠINE ALATKE</b> Seminarski rad	<b>VERIFIKACIJA SEMINARSKOG RADA PS-5</b>	Obrazac: <b>MA.LV14.02</b>	
			Br. 258/12	List 6/6



Simulirana putanja u Axis Linux CNC grafičkom korisničkom interfejsu

FOTOGRAFIJA KONFIGURISANE MAŠINE	ISCRTANA KONTURA NA MAŠINI
	

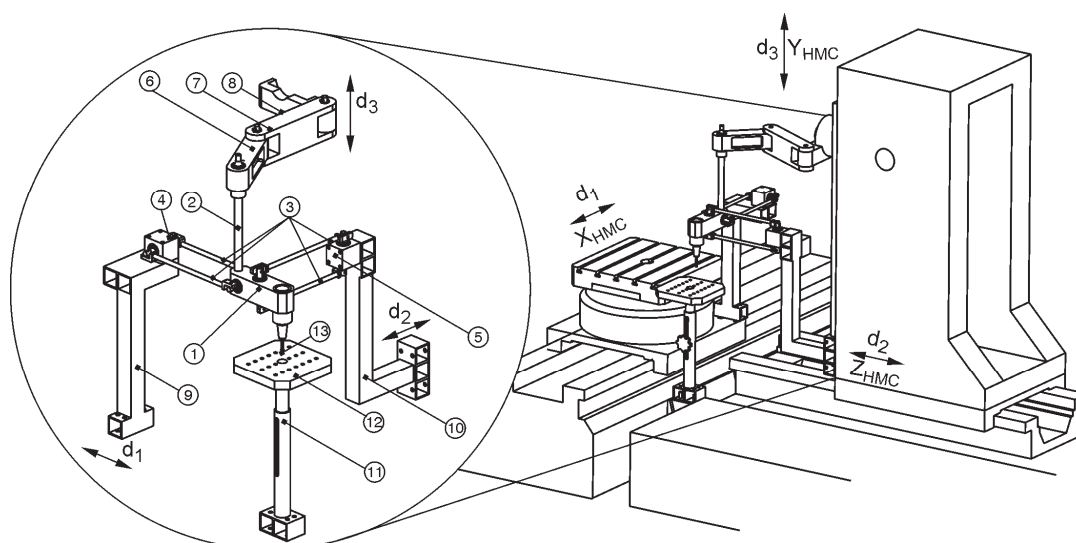
Mesto	Ispitivač	Datum	Instruktor
MF Beograd, ZMA	Tomislav Petrović (258/12)	10. 03. 2020.	S. Živanović, N. Vorkapić

LV15\_M

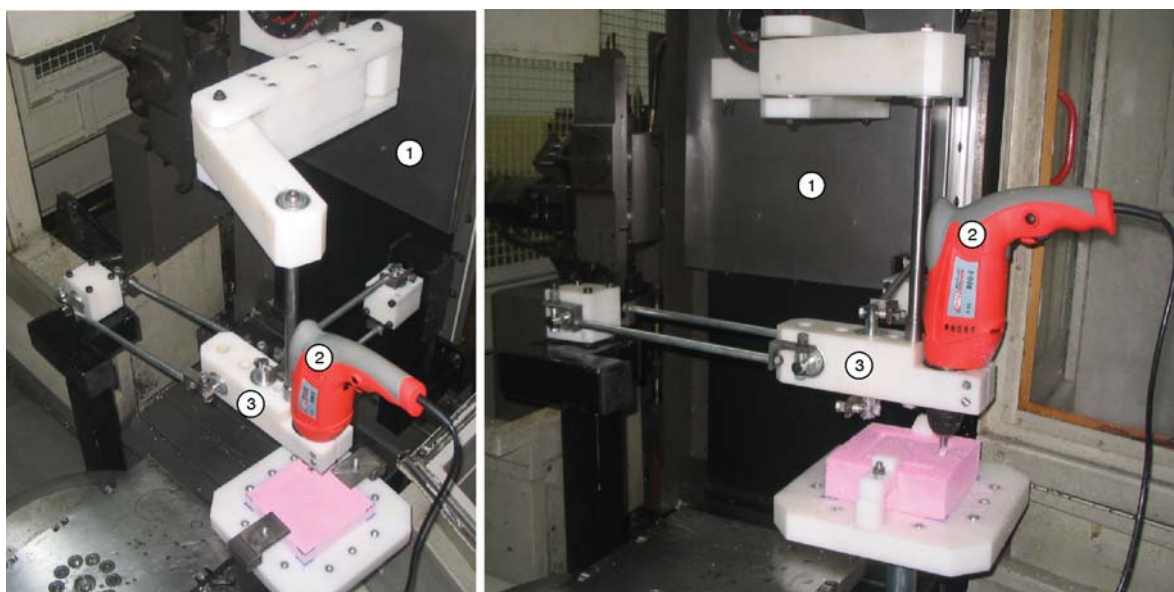
**PROGRAMIRANJE FUNKCIONALNOG SIMULATORA  
PAKICUT TROOSNIH MAŠINA SA PARALELNO  
KINEMATIKOM**

**LV15.1 Zadatak**

U Laboratoriji za mašine alatke izvršiti potrebne pripreme za instalisanje funkcionalnog simulatora troosnih mašina sa paralelnom kinematikom PaKiCUT [15.1-15.4], **Slv15.1**. Potom je potrebno ručno programirati ovaj funkcionalni simulator i obraditi delove po zadatim crtežima, **Slv15.2**. Koristiti obrasce za potrebnu tehnološku dokumentaciju, a program za mašinu sastaviti po ovom uputstvu i u propisnom formatu. U pripremi za ovu vežbu valja koristiti još i dopunski materijal, postavljen na adresi predmeta i prisustvovati prvom delu vežbe, kada se daje uputstvo za izvođenje ove laboratorijske vežbe. Funkcionalni simulator PaKiCUT instalisan je na baznoj mašini LOLA HMC500 kako je pokazano na **Slv15.1**. Programiranje simulatora vrši se na jednom PC računaru sa instalisanim postprocesorom.



1- platforma, 2- stožer platforme, 3- spojke, 4- klizač d1, 5 – klizač d2, 6,7 – segmenti SCARA mehanizma, 8 - veza za glavno vreteno i klizač d3, 9 - d1 stožer za vezu sa X osom, 10- d2 stožer za vezu sa Z osom, 11- stožer stola, 12- radni sto simulatora, 13 - vrh alata, ili tačka na osi i čeonj površi alata



1-obradni centar LOLA HMC500, 2-ručna bušilica koja zamenjuje elektromotorno glavno vreteno na simulatoru, 3-funkcionalni simulator PaKiCUT pripremljen za rad

**Slv15.1** Funkcionalni simulator PaKiCUT

## LV16\_M

## OBJEKTNO PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI

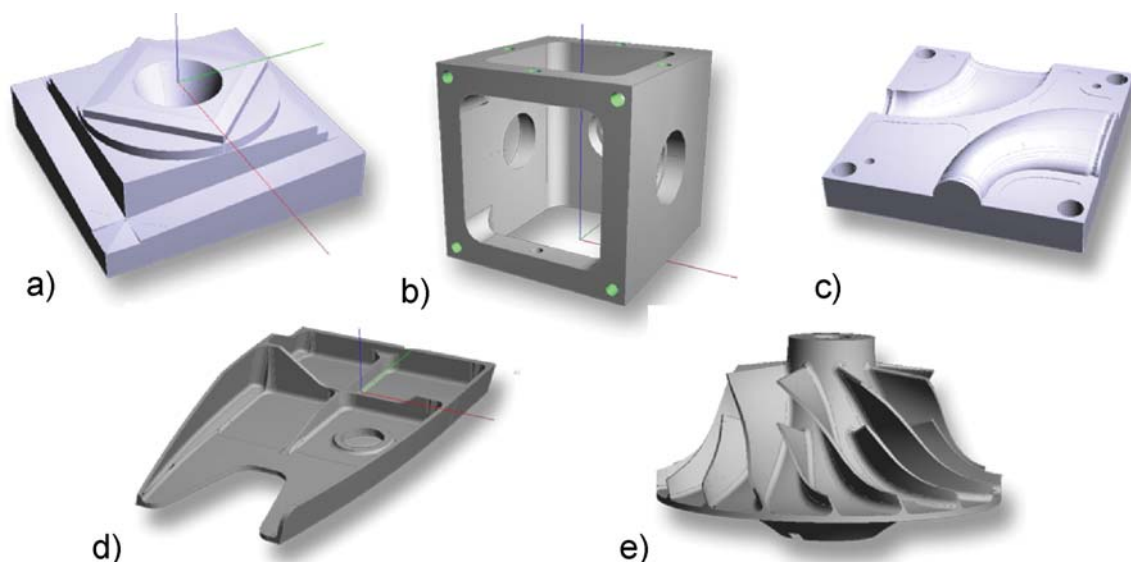
## LV16.1 Zadatak



Slv16.1 Softver STEP-NC Machine [16.1]

primena ovog metoda programiranja, jer su resursi za to u razvoju i u posedu malog broja istraživačkih institucija. Zato će ovde biti razmotrena dva moguća scenarija za indirektnu primenu ovog metoda programiranja na postojećim mašinama i raspoloživim softverima.

Raspoloživi STEP-NC fajlovi za potrebe uvežbavanja ovog metoda programiranja se mogu preuzeti sa sajta <http://www.steptools.com> [16.1] i pokazani su na **Slv16.2**. Ovi modeli se mogu učitati u softver STEP-NC Machine, gde je moguće ostvariti analizu tehnologije obrade ovih delova, kao i simulaciju obrade na različitim raspoloživim mašinama. Za ove delove se može izvršiti i postprocesiranje za obradu delova primenom G koda, za raspoložive postprocesore, koje poseduje softver STEP-NC Machine.



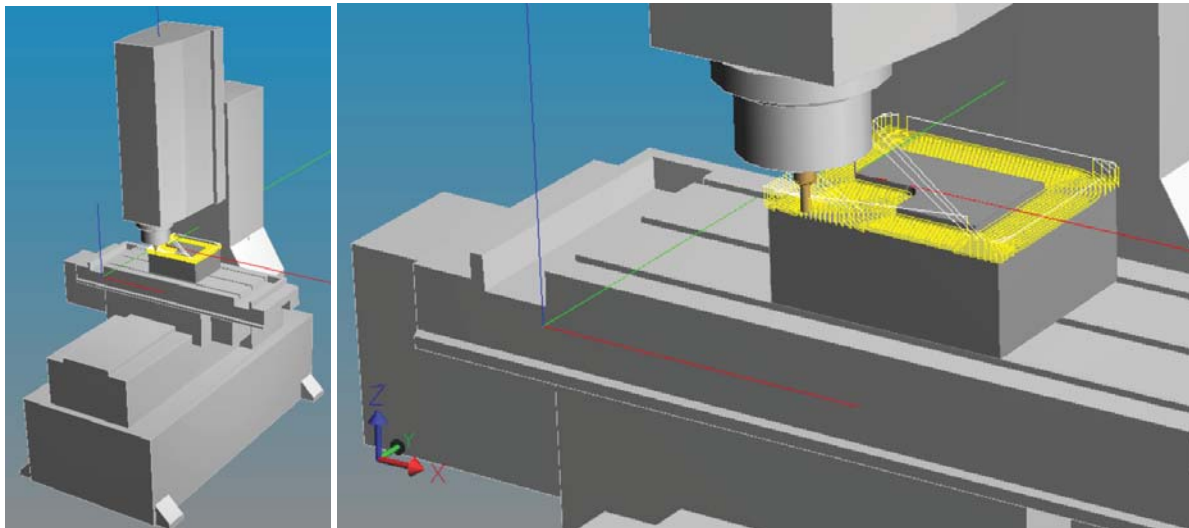
Slv16.2 Izvorni STEP-NC fajlovi [18.1]

Za delove sa **Slv16.3**, potrebno je pripremiti partove delova i priprema u raspoloživom CAD/CAM sistemu i od njih napraviti ekvivalentne fajlove u STEP formatu, koji se mogu učitati u STEP-NC Machine. Za njih je potrebno u CAD/CAM sistemu pripremiti i tehnologiju obrade, gde je potrebno generisati odgovarajuće putanje alata (CLF) koje se takođe mogu učitati u softver STEP-NC Machine i tamo formirati listu tehnološkog postupka, ostvariti simulaciju obrade na različitim raspoloživim virtuelnim mašinama, postprocesirati i obraditi deo na raspoloživim mašinama u Laboratoriji za mašine alatke.

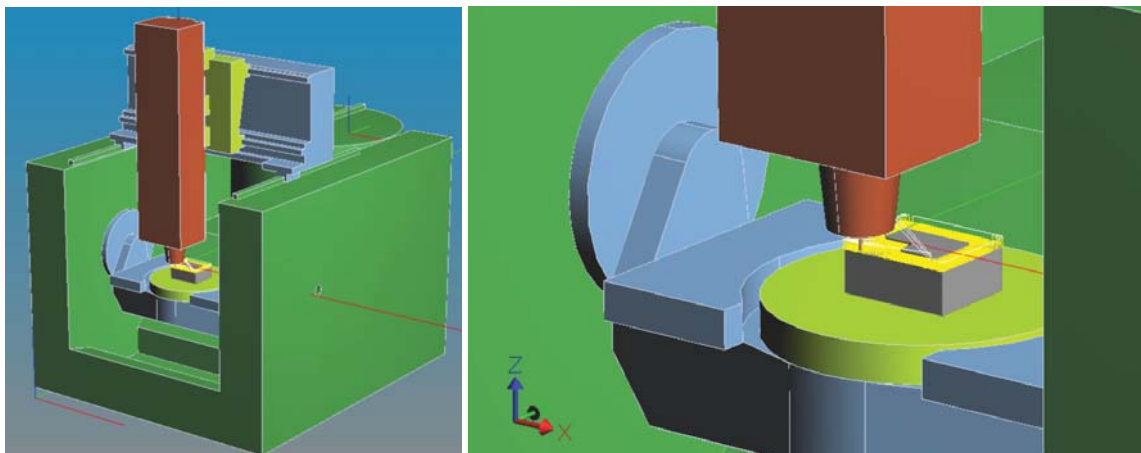
	<b>MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>IZVEŠTAJ</b> OBJEKTNO PROGRAMIRANJE NUMA	Obrazac: <b>MA.LV16.01</b>	
			Br.ind. 1920/12	List 5/6

**SIMULIRANA PUTANJA ALATA NA VIRTUELNIM MAŠINAMA**

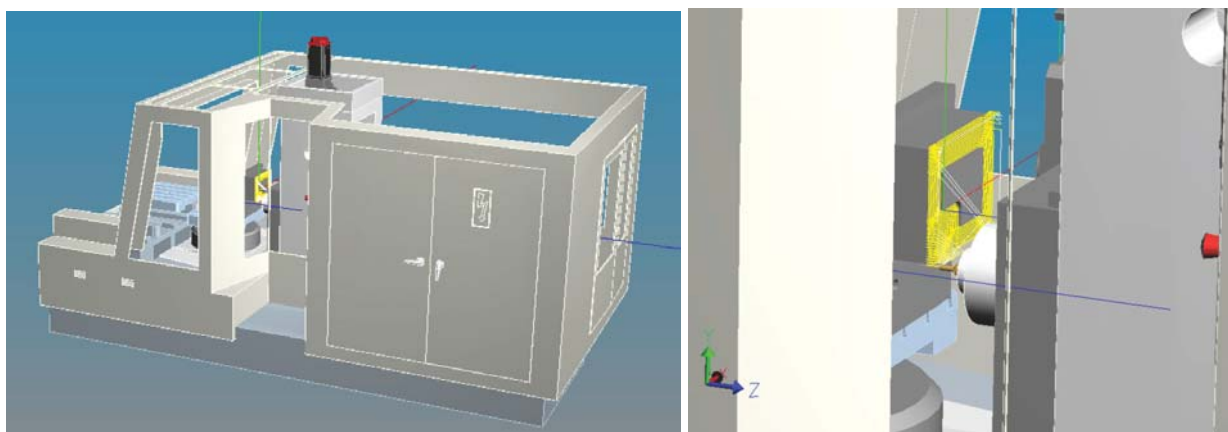
*Haas Mini mill 3 axis*



*Hermle AC Table*



*Horizontal Machining Center LOLA HMC 500*



**LV17\_M**
**PRIMER EKSPERIMENTALNE MODALNE ANALIZE ZA SISTEM SA 2 STEPENA SLOBODE**
**LV17.1 Zadatak**

U Laboratoriji za mašine alatke sprovedi proceduru eksperimentalne modalne analize za izabranu mehaničku strukturu, za naznačena 2 stepena slobode. Zadatak se izdaje za grupu od 4 studenta. Na nivou grupe se identifikuju 4 frekventne karakteristike za ovakav sistem. Izveštaj ima zajednički deo sa rezimeom identifikovanih frekventnih karakteristika i njihovih modalnih parametara. Uz to, prema pojedinačnim zaduženjima student iz grupe kompletira Interni zapis sa dokumentovanjem pojedinih faza obrade eksperimentalnih podataka u vremenskom i u frekventnom domenu, za određenu frekventnu karakteristiku.

**LV17.2 Vodič**

Izvođenje ove laboratorijske vežbe podrazumeva karakteristične korake, date u **Tiv17.1**.

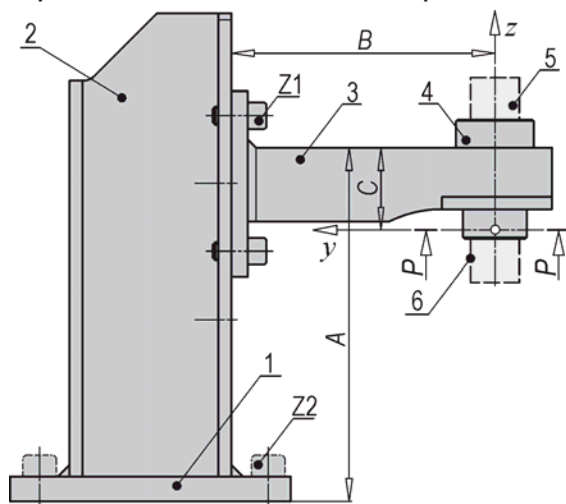
Tiv17.1 Rezime vežbe LV17		
Korak	Osnovne aktivnosti	Dopunske aktivnosti, za bolje razumevanje i za studiranje teme
1	Proučavanje Uputstva za rad	Priprema obrazaca za rad i proučavanje potrebne strukture podataka za njihovo kompletiranje.
3	Priprema objekta ispitivanja	Kompletiranje strukture koja se ispituje i ostvarivanje potrebnih uslova njenog oslanjanja.
4	Priprema instalacije za merenje i akviziciju podataka	Postavljanje pretvarača ubrzanja, Izbor i montaža vrha impulsnog čekića, sa ili bez dodatne mase. Kompletiranje instalacije. Podešavanje parametara aplikacije za akviziciju podataka.
6	Izvođenje niza testova sa impulsnom pobudom uz formiranje vremenskih zapisa	Tehnika pravilnog pobuđivanja impulsnim čekićem. Selekcija kvalitetnih vremenskih zapisa za dalji rad, na osnovu vizualizovanih zapisa pobude. Ponavljanje eksperimenata. Sistem označavanja datoteka sa vremenskim zapisima.
7	Obrada vremenskih zapisa	Izdvajanje reprezentativnog dela zapisa, prilagođenog naknadnoj obradi podataka. Potreba uvođenja prozorskih funkcija.
8	Estimacija frekventnih karakteristika i identifikacija modalnih parametara	Funkcija fft. Kreiranje spektara pobude i odziva. Osrednjavanje spektara. Estimacija frekventnih karakteristika. Dokumentovanje faza obrade podataka. Potrebna korekcija identifikovanih modalnih prigušenja. Dokumentovanje stabilizacionih dijagrama i modalnih parametara.
9	Sastavljanje Izveštaja o ispitivanju.	Analiza rezultata ispitivanja. Analiza pripreme i izvođenja ispitivanja i potrebnih resursa.
<p><i>Ostalo:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rezervisan je i termin auditorne vežbe, od tri časa, koja predstavlja uputstvo za izvođenje ove laboratorijske vežbe.</li> <li>• Za rad na ovoj vežbi koriste se već formirani obrasci, dostupni na sajtu predmeta:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Za sistematizaciju rezultata ispitivanja koristiti obrasce <b>MA.LV17.01</b> ili <b>MA.LV17.02</b> (zavisno od objekta ispitivanja), Izveštaj za eksperimentalnu modalnu analizu za sistem sa 2 stepena slobode.</li> <li>- Za dokumentovanje karakterističnih faza u eksperimetima i u obradi podataka koristiti obrazac <b>MA.LV17.01</b> ili <b>MA.LV17.02</b> (zavisno od objekta ispitivanja), Interni zapis za eksperimentalnu modalnu analizu za sistem sa 2 stepena slobode.</li> </ul> </li> <li>• Za formiranje dokumenata pomoću tih obrazaca primenjuju se pravila za njihovo označavanje.</li> </ul>		
<p><i>Rekapitulacija:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Na ovoj vežbi bi trebalo steći operativna iskustva u pripremi objekata i instalacija za merenje i akviziciju podataka, za potrebe dinamičkih ispitivanja mehaničkih struktura, kao i u izvođenju odgovarajućih eksperimenata i obrade vremenskih zapisa, kako u vremenskom, tako i u frekventnom domenu.</li> <li>2) Potrebno je sagledati upotrebljivost rezultata eksperimentalne modalne analize za potrebe ocene kvaliteta obradnog sistema i za potrebe predviđanja njegovog ponašanja u konkretnim radnim uslovima.</li> </ol>		

Ideja ove vežbe je da se stekne sopstveno iskustvo u eksperimentalnoj modalnoj analizi. Profesionalni pristup ovoj temi znači raspolaganje specijalizovanim softverom i znatno veći obim posla, koji proističe iz većeg broja mernih mesta. Ovde se, za školske potrebe, radi o vrlo svedenom obimu posla (sistem sa dva stepena slobode), ali je procedura identična kao i u realnim uslovima. Većina termina, vezanih za domen ove vežbe, poznati su iz kurseva predmeta Mehanika i Osnovi automatskog upravljanja u studijskim programima na Mašinskom fakultetu. Ovi termini i definicije, s obzirom na specifičnosti eksperimentalne identifikacije dinamike struktura su dati i u odgovarajućim standardima [17.1].



	Univerzitet u Beogradu. Mašinski fakultet. <b>KaProM-MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>INTERNI ZAPIS</b> PRIMER EKSPERIMENTALNE MODALNE ANALIZA ZA SISTEM 2DOF	Obrazac: <b>MA.LV17.02</b>	
			Br. 213/16	List 1/2

**R1. Ispitivana struktura i razmatrani stepeni slobode**



Delovi	
1	Bazna ploča (170x185x12)
2	Stub (HEA100 x280mm)
3	Konzola (U80x185) sa priрубnicom
4	Čaura (Ø48/Ø30x82)
5,6	Teg
Z1	M8x30, DIN912, 8.8 (4 kom)
Z2	-

Mere [mm]		
A	B	C
220	162	45

**R2. Dodatne koncentrisane mase**

*Model M01: Sklop nosača, sa dve polutke tega (poz. 5,6), ukupne mase 0.68 kg, povezane vijkom*  
*Model M02: Sklop nosača bez dodatne mase na konzoli*

**R3. Oslanjanje strukture**

*Ispituju se slobodne vibracije: Konstrukcija je povezana sa oprugama i užadima (kroz otvor na stubu) za betonsku grdu u plafonu.*

**R4. Sadržaj ispitivanja <sup>A)</sup>**

Model M01								Model M02							
$A_x$	$A_{xy}$	$A_{yx}$	$A_{yy}$	$H_{xx}$	$H_{xy}$	$H_{yx}$	$H_{yy}$	$A_{xx}$	$A_{xy}$	$A_{yx}$	$A_{yy}$	$H_{xx}$	$H_{xy}$	$H_{yx}$	$H_{yy}$
<b>x</b>			<b>x</b>					<b>x</b>			<b>x</b>				

<sup>A)</sup>Identifikacija modalnih parametara za naznačene frekventne karakteristike: akceleranse  $A(\ddot{\eta})$  i/ili dinamičke popustljivosti  $H(\dot{\eta})$

**R5. Instalacija za merenje i akviziciju podataka**

Oznaka	Model	Proizvođač
<i>Impulsni (modalni) čekić</i>	<i>086C01</i>	<i>PCB Piezotronics</i>
<i>Pretvarači ubrzanja (2 kom)</i>	<i>352C03</i>	<i>PCB Piezotronics</i>
<i>Sistem za akviziciju podataka</i>	<i>NI 9174</i>	<i>Nat. Instruments</i>
<i>Kondicioniranje signala</i>	<i>NI 9234</i>	<i>Nat. Instruments</i>

**R6. Vremenski zapisi**

Frekvencija odabiranja [S/s]	4096
Dužina zapisa [S]	10000
Broj zapisa za pobudu $F_x$	5
Broj zapisa za pobudu $F_y$	5

**R7. Primenjeni softver**

	Okruženje	Aplikacija
Za akviziciju podataka	<i>LabView (NI)</i>	<i>LABMA17.vi</i>
Za estimaciju frekventnih karakteristika	<i>MatLab (MathWorks)</i>	<i>lv17m.m</i>
Za identifikaciju modalnih parametara	<i>MatLab (MathWorks)</i>	<i>lv17m.m</i>

**R8. Dodatna obrada vremenskih zapisa**

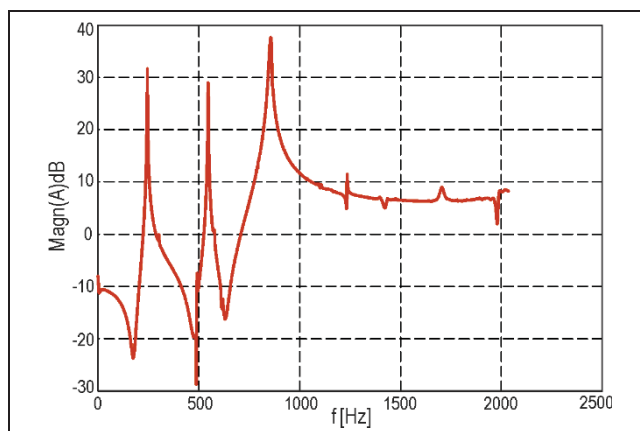
Primenjen eksponencijalni prozor za signal ubrzanja	<b>x</b>	Vršeno osrednjavanje spektara	<b>x</b>
Primenjen prozor za signal sile			

Mesto	Ispitivač	Datum	Instruktor
Beograd, MF, ZMA	Dragan Mijajlović (213/16)	14.12.2020.	Branko Kokotović

	<b>MAŠINE ALATKE</b> Laboratorijske vežbe	<b>INTERNI ZAPIS</b> PRIMER EKSPERIMENTALNE MODALNE ANALIZA ZA SISTEM 2DOF	Obrazac: <b>MA.LV17.02</b>	
			Br. 213/16	List 4/5

Uobičajeno je da se moduo (amplituda) frekventne karakteristike AFK, crta sa skalom u deciBelima [dB]. Za kreiranje logaritamske AFK potrebno preračunavanje je određeno kao :

$$FRFA\_dB(k) = 20 * \log_{10}(FRFA(k))$$



Logaritamska amplitudno frekventna karakteristika od  $A_{2xx}(f)$

## Z6. Detalji identifikacije modalnih parametara funkcije

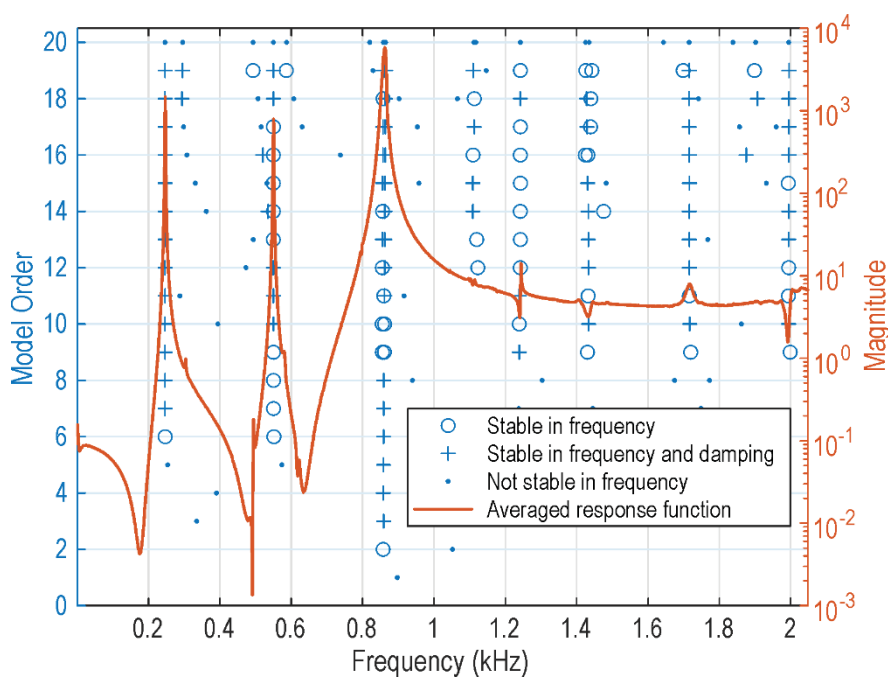
$A_{2,x,x}$

Izbor broja modova: pomoću funkcije `modalsd` (Modal Stabilization diagram) u *Matlab* programskom okruženju:

```
modalsd(frf, f, fs, 'MaxModes', ModsMax, 'FreqRange', [f_poc f_kra]);
```

Zadavanje ulaznih promenljivih:

Promenljiva	Značenje	Instanca
<code>frf</code>	Vektor (niz članova) frekventne karakteristike	FRFA
<code>f</code>	Vektor korespondentnih frekvencija	frek1
<code>fs</code>	Frekvencija odabiranja	4096
<code>f_poc, f_kra</code>	Granice frekventnog opsega koji se analizira	5, 2000
<code>ModsMax</code>	Maksimalni broj modova koji se identifikuju	10



Stabilizacioni dijagram za razmatranu frekventnu karakteristiku

L-L	Literatura	MAŠINE ALATKE. PRAKTIKUM
-----	------------	--------------------------

P_MA	Predgovor
------	-----------

- [P.1] Šolaja B.V. (1994) *Sto godina proizvodnog mašinstva u visokom školstvu Srbije. Sećanje na prva četiri profesora*, Posebno izdanje u okviru 25. Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Mašinski fakultet, Beograd. ID=29647116.
- [P.2] Stanković P. (1948) *Mašine alatke i industrijska proizvodnja mašina I*, Naučna knjiga, Beograd.
- [P.3] Stanković P. (1950) *Mašine alatke i industrijska proizvodnja mašina II, Obrada metala bez rezanja*, Naučna knjiga, Beograd.
- [P.4] Stanković P. (1968) *Mašine alatke I knjiga, Konceptijska i eksploatacijska analiza mašina alatki za obradu rezanjem*, Građevinska knjiga, Beograd.
- [P.5] Stanković P. (1970) *Mašine alatke II knjiga, Konstrukcijski elementi mašina za obradu rezanjem*, Građevinska knjiga, Beograd.
- [P.6] Milačić R.V. (1980) *Mašine alatke I, Sistem analiza*, Mašinski fakultet, Beograd.
- [P.7] Milačić R.V. (1988) *Mašine alatke II, Statička krutost, dinamika, eksploatacija*, Mašinski fakultet, Beograd.
- [P.8] Glavonjić M. (2011) *Definicije, klasifikacije i osobine mašina alatki. Struktura mašine alatke. Resursi za predmet*. [http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma\\_bsc/pdf/ha1bsc.pdf](http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/pdf/ha1bsc.pdf).
- [P.9] Shigley J. E, Uicker J. J. (1980) *Theory of Machines and Mechanisms*, International Student Edition, McGRAW-HILL International Book Company. ISBN 0-07-056884-7.
- [P.10] N.N. (2003-09) *DIN 8580:2003-09, Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung*, Beuth Verlag, Berlin.
- [P.11] Koenigsberger F, Tlustý J, Eds. (1970) *Machine tool Structures*, Volume 1, Pergamon Press, Oxford.

L_MA	Laboratorija za mašine alatke
------	-------------------------------

- [L.1] Sajt za predmet Mašine alatke, dokumenti za pripremu i izvođenje laboratorijskih vežbi, [http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma\\_bsc/lab.htm](http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/lab.htm), 2022.
- [L.2] Sajt za predmet Mašine alatke M, dokumenti za pripremu i izvođenje laboratorijskih vežbi, [http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma\\_bsc/lab\\_m.htm](http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/lab_m.htm), 2022.
- [L.3] Najvažniji uslov za odvijanje svih planiranih vežbi jeste da se one obave **bezbedno!** To je posebno bitno za odvijanje radnih vežbi, na kojima studenti samostalno obavljaju planirani posao. Podrazumeva se da se to vrši po Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu, ("Sl. glasnik RS", br. 101/2005, 91/2015 i 113/2017 - dr. zakon). Ovaj Zakon je dostupan na sledećoj adresi: [https://www.paragraf.rs/propisi\\_download/zakon\\_o\\_bezbednosti\\_i\\_zdravlju\\_na\\_radu.pdf](https://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_bezbednosti_i_zdravlju_na_radu.pdf)

LV0_B	Uvod u laboratorijske vežbe
-------	-----------------------------

- [0.1] VDI-Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren. (1977-03) VDI-Richtlinie: VDI/DGQ 3441 Statistische Prüfung der Arbeits- und Positionsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen; Grundlagen, VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik
- [0.2] Institut za standardizaciju Srbije (ISS). (11.02.1989.) SRPS M.G1.001:1989, Mašine alatke - Ispitivanje tačnosti - Strugovi normalne tačnosti - Najveći prečnik obrade do 800 mm, Službeni glasnik: 66/88. Veza sa međunarodnim standardom ISO 1708:1983 ISO/TC 39/SC 2. Datum povlačenja: 21.06.2012.
- [0.3] Institut za standardizaciju Srbije (ISS). (27.12.1991.) SRPS M.G0.100:1991, Mašina alatke - Uslovi ispitivanja geometrijske tačnosti mašina alatki bez opterećenja, Službeni glasnik: 71/91. Veza sa međunarodnim standardom ISO 230-1:1986 ISO/TC 39/SC 2. Datum povlačenja: 21.06.2012

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

621.7+621.9(075.8)(076)

ГЛАВОЊИЋ, Милош, 1949-

**Mašine alatke : praktikum** / Miloš Glavonjić, Branko Kokotović,  
Saša Živanović.

- 1. izd. - Beograd: Mašinski fakultet Univerziteta, 2023  
(Beograd: Planeta-print).

- VII, 255 str. : ilustr. ; 30 cm

Tiraž 100. - Bibliografija: str. 249-255.

ISBN 978-86-6060-163-8

1. Кокотовић, Бранко, 1964- [autor]

2. Живановић, Саша, 1969- [autor]

а) Машине алатке -- Вежбе

COBISS.SR-ID 133336073

