

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Примењена механика и аутоматско управљање

Предмет: Пројектовање система аутоматског управљања

Број индекса: 336/2013

Милош 3. Милановић

**Развој лабораторијског модела спрегнутих
електромоторних погона за надзор и
управљање путем Интернета
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

Датум одбране: 03.10.2016

- 1. Проф. др Милан Матијевић-ментор**
- 2. Проф. др Весна Ранковић**
- 3. Проф. др Драган Тарановић**

Оцена: _____

Задатак рада

У овом раду кандидат треба да опише развој лабораторијског модела за надзор и управљање спрегнутих електромоторних погона путем Интернета. БЕБ стране лабораторијског модела треба да омогуће документованост (опис лабораторијског модела, и опис могућности његове употребе – тј. препоручене лабораторијске задатке у адекватном образовном редоследу) и спровођење експеримената путем Интернета.

Рад обједињује и доприноси мр Мирослава Равлића, дипл. инж. ел. и Ненада Бабајића, дипл. инж. маш., на развоју овог лабораторијског модела, и овај дипломски рад даје и изванредан допринос пројекту

SCOPES project IZ74Z0_160454/1: "Enabling БЕБ-based Remote Laboratory Community and Infrastructure" of Swiss National Science Foundation

Препоручена литература:

[1] Slobodan N. Vukosavic, Milic R. Stojic: „Suppression of Torsional Oscillations in a High-Performance Speed Servo Drive“, *IEEE Transactions on industrial electronics*, Vol. 45, No. 1, 1998

[2] Љубиша Драгановић: „Пројектовање система аутоматског управљања“, Лола институт, Београд, 2000

[3] Слободана Н. Вукосавић: „Електричне машине“, Електротехнички факултет, Београд, 2010

[4] Ненад Бабајић: „Лабораторијски модел електро моторног погона – опис, резултати и идентификација“, Извештај, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013

Велику захвалност дугујем свом ментору Проф. др Милану Матијевићу који је оправдавао моје идеје, пружио ми пуну слободу и изашао у сусрет и нашао решење за све проблеме који су ме снашли при изради овог рада. Поред тога захвалност дугујем др Жељку Деспотовићу, вишем научном сараднику Института Михаило Пупин, Београд, који је учествовао у пуштању система у рад, дискутовању и објашњавању могућности и карактеристика опреме. Велики допринос овом раду је дао и Ненад Бабајић који је склопио и повезао овај модел у функционалну целину, на њему је вршио многа испитивања и дао ми је прва знања о самом моделу. Такође захвалност дугујем и мојим колегама Радомиру Митровићу и Николи Јовићу који су својим знањем, трудом и саветима помогли да овај рад изгледа овако, поред тога помагали су саветима и предлозима за даљи рад и проширење могућности овог модела. И на крају, захвалио бих се родитељима и брату Немањи који су поднели велику жртву и имали разумевања за моју вишемесечну одсутност, уз то су ми давали велику снагу и вољу да на што је могуће лакши начин пребродим све проблеме.

Аутор

Садржај

Садржај.....	3
1. Увод	6
2. Техничка средства у реализацији лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона.	8
2.1. Серво механизам и технички термини	8
2.2. Структура серво система	10
2.3. Карактеристике SIGMA II Series SERVOS	14
2.3.1. Примена SGDН SERVOPACK – а	14
3. Опис опреме.....	17
3.1. Мотор.....	17
3.2. Серво појачавач	19
3.2.1. Шта је серво појачавач, начин функционисања серво појачавача у општем смислу ...	19
3.2.2. Серво појачавач Yaskawa OMRON SGDН-04AE-OY	20
3.3. Повезивање серво мотора и серво појачавача у серво систем	27
3.4. Контролна табла појачавача	28
3.4.1. Начин функционисања контролне табле.....	29
3.4.2. Помоћне функције.....	32
3.4.3. Подешавање параметара	33
3.4.3.1. Пример промене параметара	34
3.4.3.2. Пример избора функције	35
3.4.4. Приказ тренутних вредности физичких величина	36
3.4.4.1. Приказ улазних сигнала	36
3.4.5. Приказ излазних сигнала	37
3.5. Аналогни приказ вредности	38
4. Повезивање са спољашњим контролером и врсте управљања	40
4.1. Управљање брзине	40
4.2. Управљање момента.....	41
4.3. Селективно управљање брзина	43
4.4. Управљање позиције	45
5. Опис лабораторијског модела	47
5.1. NI 6229 PCI плоча за аквизицију сигнала	48
5.2. Прикључна плоча CB-68LPR	50
5.3. Ожичење терминала серво појачавача	52
5.4. Идентификација мотора.....	53

6.	Снимање понашања лабораторијског система при различитим начинима управљања	56
6.1.	Управљање једним мотором задавањем референтне брзине	56
6.2.	Управљање са два мотора задавањем референтне брзине.....	58
6.3.	Управљање мотора задавањем референтног момента	59
6.4.	Управљање мотора избором константне брзине	60
6.5.	Управљање мотора помоћу спољашњег контролера	61
7.	Интеграција лабораторијског модела у портал ВЕБ лабораторије.....	66
7.1.	Повезивање на сервер	66
7.2.	Интеграција лабораторијског модела у портал ВЕБ лабораторије.....	70
7.3.	Управљање ВЕБ лабораторијом.....	73
8.	Закључак.....	77
9.	Литература	78
	Додатак	79
A1.	Табела ознака жица у конектору CN 1	79
B1.	HTML код странице на микросерверу	81
C1.	Python код главне датотеке	84
C1.1.	Python код корисничке датотеке	85

Резиме

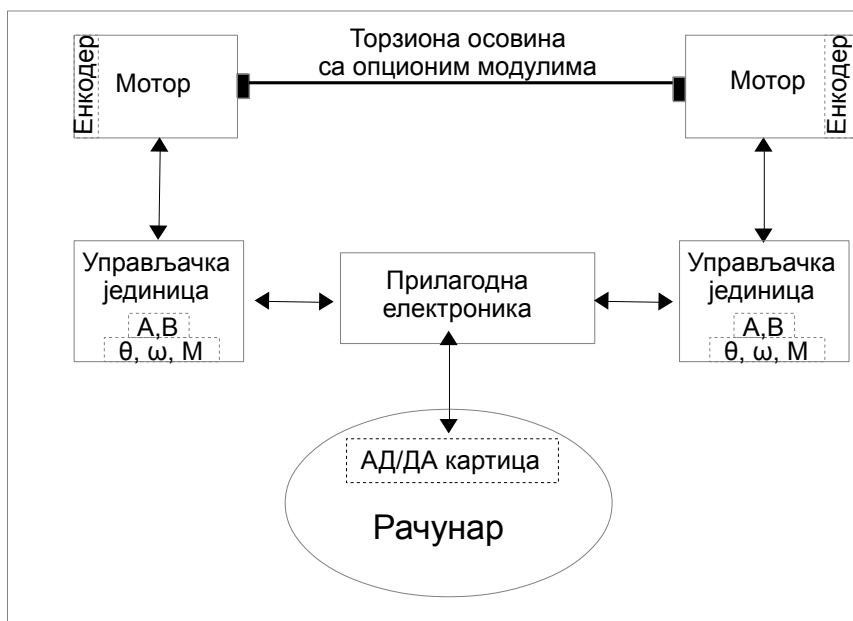
У овом раду је описан лабораторијски модел који се састоји од два асинхрона електро мотора над којима се врши управљање коришћењем два инвертора, који су физички независни. Управљање овим системом је вршено коришћењем програмског језика Python, а комуникацију између система и рачунара остварила је NI6229-PCI плоча. Прикупљање улазних и излазних вредности са управљачке плоче је бележено коришћењем LabVIEW Signal Express програма. Објашњен поступак за повезивање лабораторијског система на ВЕБ лабораторију и то на такав начин да, корисник може сам имплементирати било који други лабораторијски систем на исту ВЕБ лабораторију. Након тога је објашњено која управљања се могу реализовати коришћењем ВЕБ лабораторије, и исписане су детаљне инструкције за рад са ВЕБ лабораторијом. Инструкције за рад су написане на тај начин да корисник који се први пут сусреће са мотором може стећи, прво теоријско знање о опреми, а затим и о управљању том опремом.

Кључне речи: серво систем, серво мотор, серво механизам, серво појачавач, лабораторија, сигнал, брзина, напон, момент

1. Увод

У корист истраживачких потреба да се спроводе експерименталне верификације попут описаних у [1], у оквиру Центра за примењену аутоматику Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, већ дуже време (почев још од 2008. године ангажманом Мирослава Равлића, и настављајући 2011. године и са ангажманом Ненада Бабајића [4]), ради се на усавршавању лабораторијског модела који је предмет овог рада и чија је функционална шема приказана на слици 1.

Предмет овога рада је опис лабораторијског модела и његовог развоја, генерисање ВЕБ страна лабораторијског модела које треба да омогуће виртуелни амбијент за подршку образовању из области у којима коришћење лабораторијског модела има образовну или истраживачку сврху, и које треба да омогуће и реализацију експеримената путем Интернета (интеграција лабораторијског модела у ВЕБ лабораторију). Конкретно, ради се о лабораторијском моделу за управљање и надзор електромоторних погона високих перформанси, а који могу бити спрегнути механичком осовином (дугом и еластичном као у [1]), и тада, један мотор представља погон, а други оптерећење. Затим, могу бити спрегнути такозваном електричном осовином ради реализације задатака дефинисаног синхроног кретања (заједничко подизање терета, или управљање раванским кретањем резног алата или аутономног возила - мобилног робота). А могу бити и потпуно распрегнути, и бити на распоагању као два независна електромоторна погона, што ће најчешће бити случај поставке лабораторијског модела у оквиру ВЕБ лабораторије – и тада омогућавају основну обуку у коришћењу техничких средстава аутоматике за реализацију позиционих и брзинских сервомеханизма.



Слика 1. Шематски приказ експерименталног модела[4]

На слици 1 је приказан шематски приказ експерименталног модела где се могу видети главни делови модела и ток управљачких сигнала. Лабораторијски модел је претрпео измене у смислу да је крута веза између осовина два мотора, уклоњена и да су се сва управљања у овом раду вршила без круте везе између мотора.

Моторима је могуће управљати на више начина, тако што излазна променљива може бити позиција, брзина, момент. Могу бити реализовани задаци регулације или

праћења задате трајекторије у односу на дефинисану излазну променљиву. Формирање електричне осовине између мотора (што се реализује програмски) је такође могуће.

Посебан допринос овога рада представљаће ВЕБ стране лабораторијског модела које описују лабораторијски модел, пружају подршку учењу на даљину, дају упутство о спровођењу експеримената и омогућавају спровођење експеримената путем Интернета. На поменутих ВЕБ странама је дат предлог и уводних лабораторијских задатака.

2. Техничка средства у реализацији лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона.

У овом делу ће бити објашњена структура система на коме се базирао овај мастер рад и о сваком делу система биће уопштено описана намена, функција и улога у наведеном систему. Поред тога, биће објашњене опште карактеристике и могућности SIGMA-II Series AC Servos пакета.

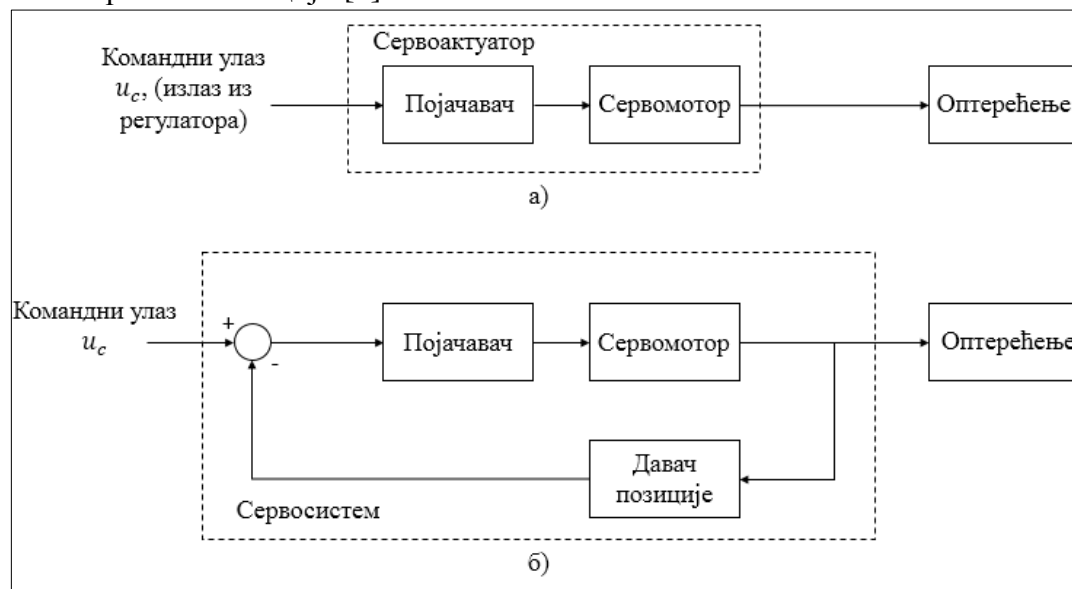
2.1. Серво механизам и технички термини

Термине које је потребно разумети на самом почетку и које треба разумети пре почетка рада са наведеним системом су:

- Серво (енг. Servo)
- Сервосистем
- Сервоактуатор

Сам назив серво се односи на онога који служи (фигуративно као слуга (енг. Servant), који треба да одради неки посао поуздано и брзо, како је од њега затражено).

Сервоактуатор је елемент који погони извршни орган и тиме управља проток масе или енергије кроз управљани процес. Када се управља протоком масе или енергије или неко оптерећење, тада се то може остваривати без повратне спреге, сл. 2 а) или са повратном спрегом, сл. 2 б). Сервоактуатори су нормално брзинског типа код којих деловањем командног улазног сигнала резултира излаз у виду брзине за рад у стационарном стању. Да би се добио позициони сервосистем мора бити уведена повратна спрега по позицији.[2]



Слика 2. а) Сервоактуатор без повратне спреге; б) Сервоактуатор са повратном спрегом, [2]

Ако се такође захтева висока тачност по брзини, мора се увести повратна спрега по брзини. Ако се захтева висока тачност по сили или моменту, мора се имати повратна спрега по сили или по моменту. [2]

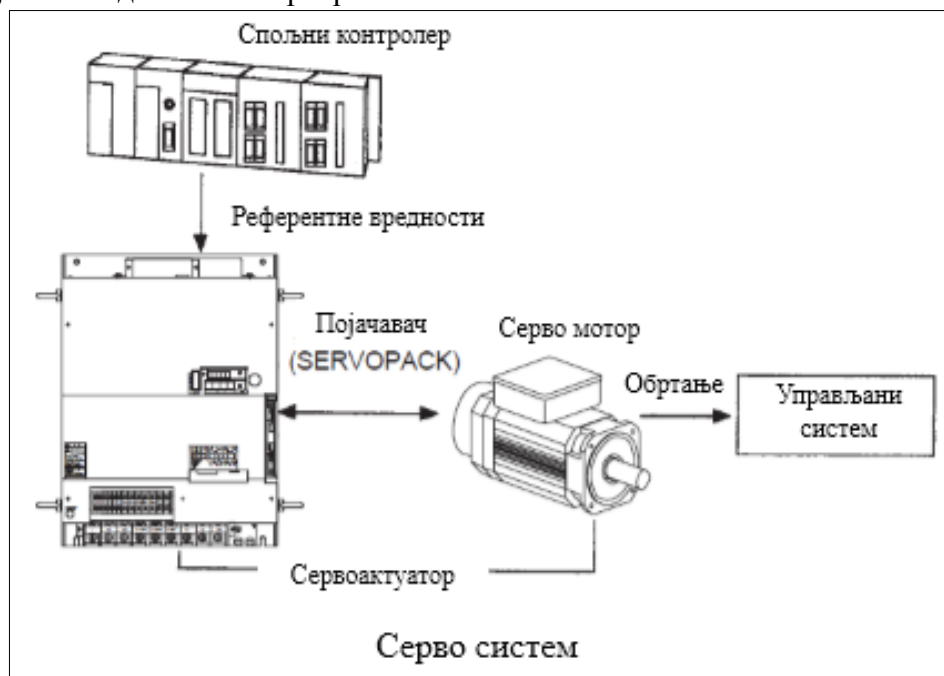
Израз "серво мотор" означава различите типове конвертора енергије високог нивоа такве као што су електрични, електрохидраулички, електропнеуматски и сл. Серво мотор обезбеђује снагу сервоактуатору појачаваач са сл. 2 а) и б) обезбеђује конверзију

командног улаза у сигнал ниског нивоа (за сервоактуатор) или сигнала грешке (за сервосистем) у излаз високе снаге која омогућује рад серво мотора. Давач позиције обезбеђује сигнал повратне спреге у случају сервосистема. Улаз у сервоактуатор или сервосистем може бити електрични, механички, хидраулички или пнеуматски. У зависности од типа конверзије енергије, сервоактуатори могу бити електромеханички, електрохидраулички, електропнеуматски или хидромеханички. [2]

Рани развој сервоактуатора и сервосистема доминантно је био реализован у технологији електропнеуматике. Наглим развојем микропроцесорске технологије и висококвалитетних магнетних материјала на бази ретких елемената (таквих као Самариум Кобалт, Неодиум), електромеханички системи налазе најширу примену у индустрији. [2]

Серво мотор – Уопштено серво мотор или Yaskawa SGMBH серво мотор. У овом раду за експериментални задатак коришћен је мотор Yaskawa SGMAH-04A1A61D-OY. У многим случајевима, серво мотори садрже имплементран детектор позиције (енкодер), што је случај и са коришћеним серво мотором.

Серво пакет (енг. SERVOPACK) је производ компаније Yaskawa и представља серво појачавач односно инвертор “SGDH SERVOPACK.”

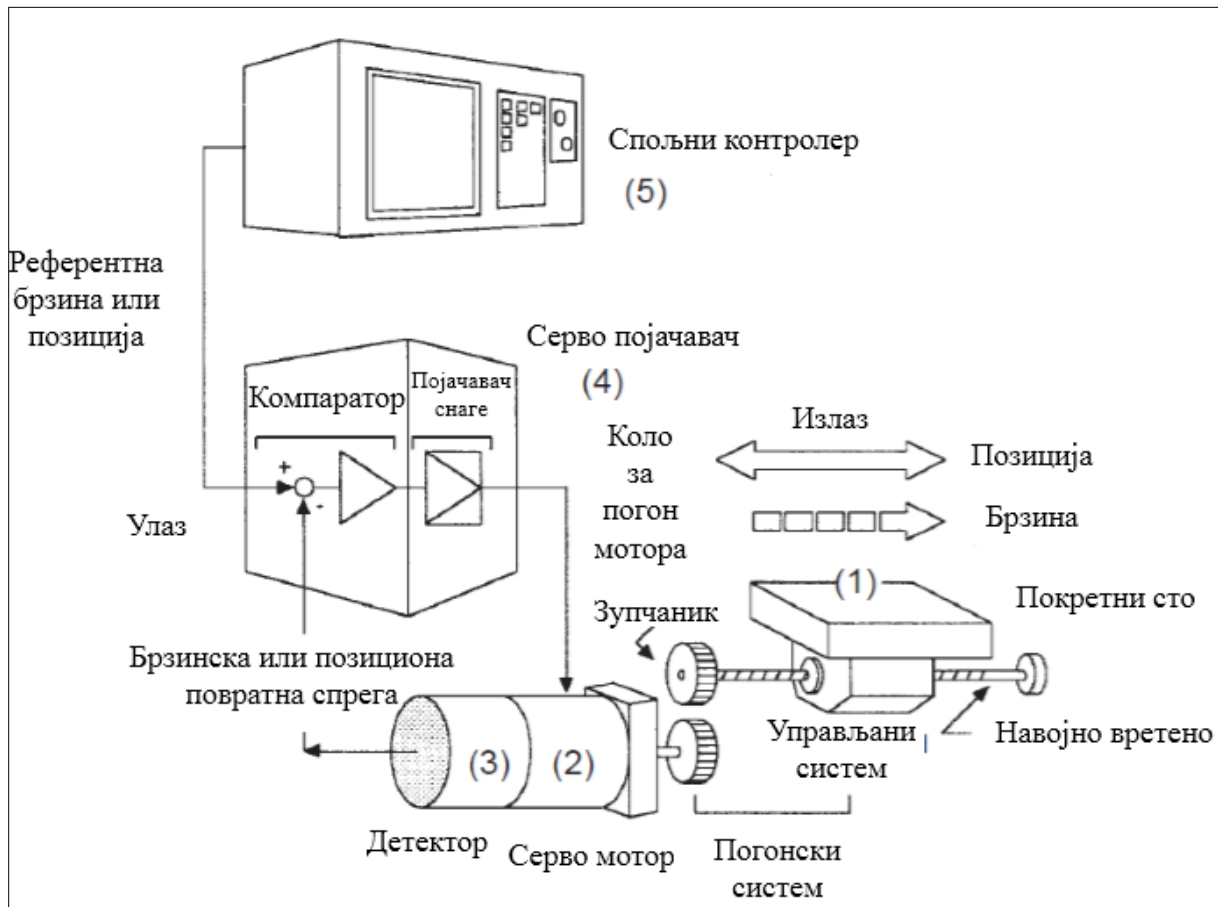


Слика 3. Илустрација серво система[6]

На слици 3 је приказана илустрација серво система на којој се могу уочити и на основу слике разумети сви предходно описани термини. Могуће је уочити њихову везу, међусобну границу, као и комплетну целину коју чине сви елементи.

2.2. Структура серво система

У наставку ће бити приказани и објашњени детаљније делови и структура серво система:



Слика 4. Детаљнија илустрација серво система[6]

На слици 4 је приказана детаљнија илустрација серво система на којој се могу видети најважнији делови система. Сваки део система је означен бројем, а у наставку ће бити објашњено шта који симбол представља.

- 1) Управљани систем – Механички систем код којег је потребно контролисати позицију или брзину. Овај систем садржи уређај за пренос момента са серво мотора на објекат управљања, погонски систем.
- 2) Серво мотор – Је главни извршни уређај који врши померање контролисаног система. Постоје два типа мотора: – АС мотори и – DC мотори
- 3) Детектор – Детектор позиције или брзине. Обично се енкодер, који је постављен на мотор, користи за одређивање позиције.
- 4) Серво појачавач – Појачавач обрађује сигнал грешке и коригује разлику између референтне величине и величине која се чита помоћу повратне спреге. Серво појачавач садржи компаратор који обрађује сигнал грешке и појачавач снаге који снабдева серво мотор.
- 5) Спољни контролер – Уређај који управља серво појачавачем, и који се користи за постављање жељене вредности позиције или брзине.

Детаљније објашњење компоненти од (1) до (5) ће бити наведено у наставку:

1) Управљани систем:

На предходној слици управљани систем је покретни сто код кога је управљана величина позиција или брзина стола. Покретни сто је погођен уз помоћ кугличног навојног вретена које је уз помоћ зупчаника повезано са мотором.

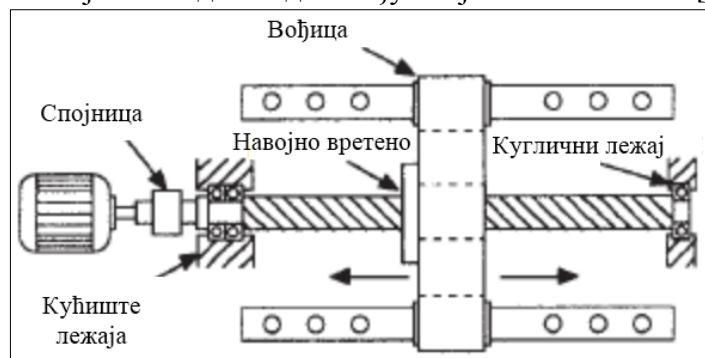
1) Зупчасти пар и куглично навојно вретено

Приказани систем садржи куглично навојно вретено и зупчасти пар. Овакав систем је врло често коришћен из разлога што је преносни однос могуће поставити произвољно и тако да задовољава веома високу тачност при позиционирању, али при том је потребно да између зупчаника не постоји празан ход.

Поред оваког система могуће је користити и друге погонске системе који садрже друге елементе помоћу којих се остварује веза и преносни однос између мотора и покретног стола.

2) Спојница и куглично навојно вретено

Када је потребан преносни однос 1:1, користи се овакав систем. Спојница је добра из разлога што не постоји слободан ход између спојених елемената. [6]

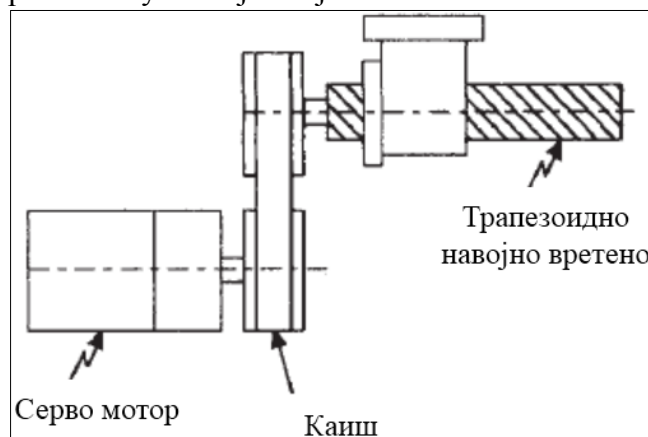


Слика 5. Шематски приказ споја мотора и кугличног навојног вретена уз помоћ спојнице[6]

На слици 5 је приказан систем код кога се као елементи преноса користе спојница и куглично навојно вретено. Овакав систем има широку примену код алатничарских машина као што су стругови, глодалнице и слично.

3) Каишни преносник и трапезоидно навојно вретено

Ремени преносник је спојнички елемент који омогућава да се преносни однос постави произвољно и слободно, зависно од потреба, а такође омогућава пренос без празног хода. Трапезоидно навојно вретено не омогућава баш најбољу прецизност при позиционирању и сврстава се у лошије спојничке елементе.



Слика 6. Пренос кретања уз помоћ ременог преносника и трапезоидног навојног вретена[6]

На слици 6 је приказана структура преносника код кога се као преноснички елементи користе ремени преносник и трапезоидно навојно вретено.

Да би се развио добар серво систем важно је одабрати поуздан преносни механизам и погонски систем који нема празан ход. [6]

2) Серво мотор:

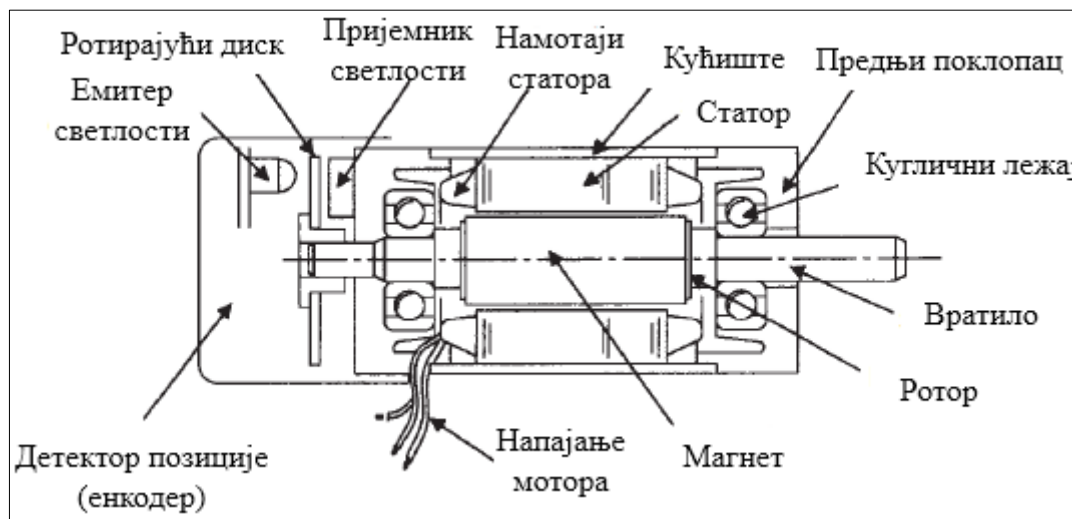
Серво мотори се могу поделити у две групе: DC серво моторе и AC серво моторе.

DC серво мотори се напајају једносмерном електричном струјом. Они имају дугу историју и све до 1980. појам серво мотор је упућивао на DC мотор. [6]

Године 1984. су се појавили AC серво мотори као резултат брзог развоја у микропроцесорској технологији. AC серво мотори имају погон на наизменичну струју. Они су широко примењени, из разлога јер су лакши за одржавање јер немају четкице, а поред тога и могу достићи веће брзине. [6]

AC серво мотори се могу поделити у две врсте: Синхрони и Асинхрони мотори. Синхрони мотори се чешће користе за разлику од асинхроних. [6]

Код серво мотора брзином се управља променом фреквенције напајања мотора. Синхрони серво мотор обезбеђује јако задржавање момента окретања и када је мотор заустављен што је веома добро када је потребно позиционирање. На наредној слици ће бити приказана структура синхроног мотора. [6]



Слика 7. Делови синхроног мотора[6]

На слици 7 су приказани сви делови синхроног мотора са уграђеним енкодером.

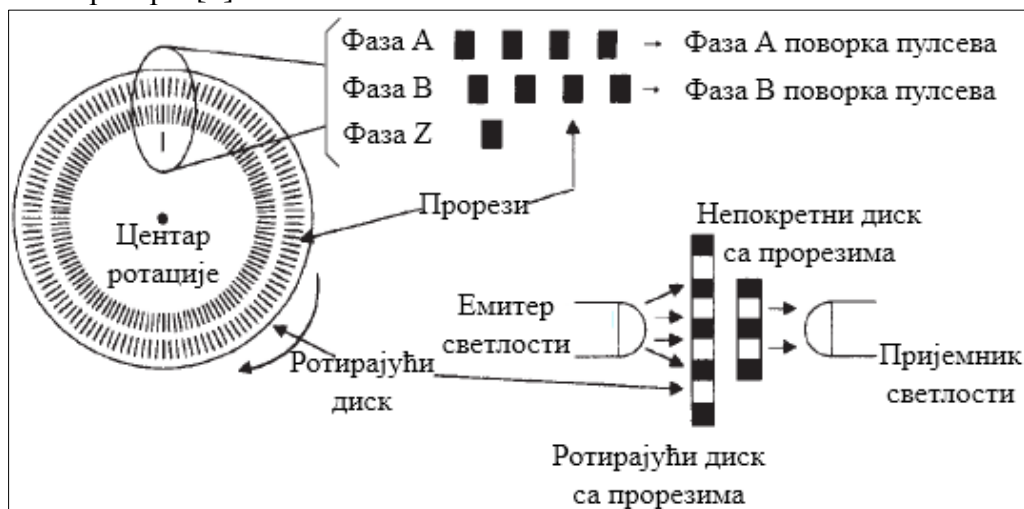
Yaskawa SGMBH серво мотори су синхроног типа. За серво мотор је врло битна тренутна снага мотора и она представља карактеристику која описује колико ће мотор брзо одреаговати након појављивања улазног референтног сигнала на крајевима мотора. Израз коефицијент снаге (kW/s) се користи да опише тренутну снагу, она се заснива на електричној снази коју мотор производи за једну секунду. Што је већи коефицијент снаге то је мотор снажнији. [6]

3) Детектори

За серво систем је неопходан позициони или брзински детектор. За ову намену користи се енкодер који је монтиран на серво мотор. Енкодери се могу поделити у две групе: Инкрементални и апсолутни. [6]

Инкрементални енкодер је генератор пулса, који генерише константан број пулсева за једну ротацију. Ако је овакав енкодер повезан на механички систем, један пулс може да дефинише тачну дужину померања тог система. Међутим, овакав енкодер не може одредити апсолутну позицију ротора већ само може имати, као излаз, поворку

пулсева. Из овог разлога неопходно је извршити враћање мотора на нулту позицију пре почетка позиционог управљања. На наредној слици ће бити илустрован принцип рада пулсног генератора. [6]



Слика 8. Принцип рада и елементи генератора пулса[6]

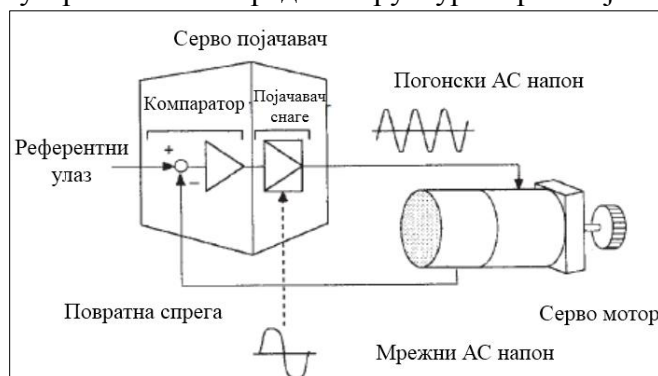
На слици 8 је приказан инкрементални енкодер са својим елементима као и илустрацијом рада пулсног генератора.

Апсолутни енкодер је пројектован тако да детектује апсолутни угао ротације, као и да обавља опште функције инкременталног енкодера. Са апсолутним енкодером је могуће направити систем где није потребно извршавати враћање у нулту позицију мотора на почетку сваког циклуса и сваког новог управљања системом. [6]

Разлика између инкременталног и апсолутног енкодера је, што ће апсолутни енкодер испратити померање позиције ротора мотора чак иако је искључено напајање мотора, а кретање се десило у току тог периода. Овако нешто, није могуће урадити са инкременталним енкодером. [6]

4) Серво појачавачи

Серво појачавач је потребан за покретање АС серво мотора. На наредном дијаграму ће бити илустрован систем рада и структура серво појачавача. [6]



Слика 9. Структура серво појачавача[6]

На слици 9 је приказан начин повезивања серво појачавача и серво мотора, њихова спрега и међусобна размена сигнала. Поред тога приказана је и структура серво појачавача и њихов распоред унутар појачавача. [6]

Серво појачавач садржи две целине: Компаратор и појачавач снаге.

Компаратор има управљачку функцију и функцију упоређивања. Упоређивачка функција упоређује референтни улаз (позицију или брзину) са сигналом повратне спреге и као резултат производи разлику између та два сигнала. Док управљачка функција компаратора се огледа у појачању и трансформисању разлике између два сигнала. Другим речима, он изводи пропорционално П управљање или пропорционално /интегрално управљање. [6]

Појачавач снаге покреће серво моторе брзински или моментом, пропорционално излазу са компаратора. Појачавач користећи мрежни напон 50/60 Hz, генерише наизменичну струју са фреквенцијом која је пропорционална брзини или моменту који су задати излазом компаратора и са том наизменичном струјом појачавач покреће мотор.

5) Спољни контролер

Спољашњи контролер управља радом серво појачавача жељеном позицијом или брзином као задатим вредностима. За референтну вредност брзине, када се ради о управљању позицијом, петља може бити направљена у спољашњем контролеру када је сигнал позиције мотора примљен повратном спрегом.

2.3. Карактеристике SIGMA II Series SERVOS

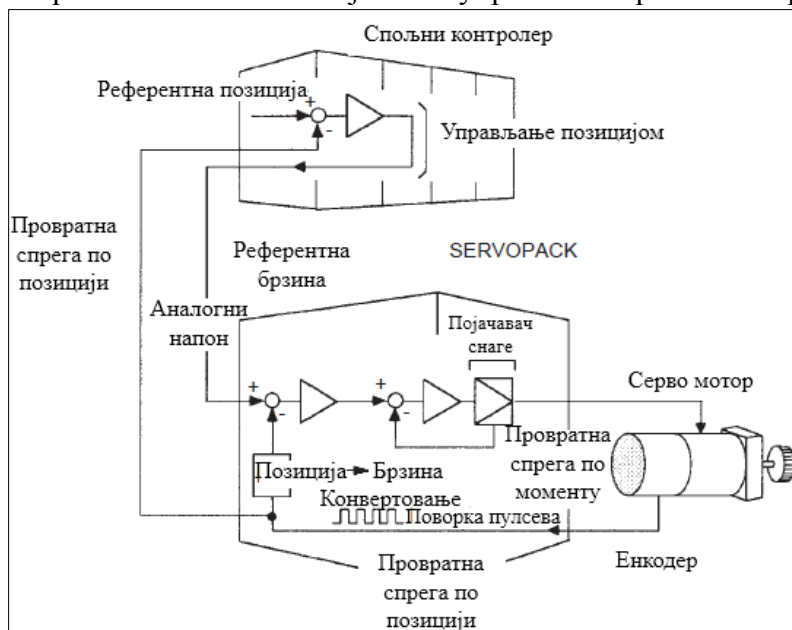
SIGMA II Series SERVOS је пакет опреме који је коришћен у току израде овог рада и који садржи SGMBH серво мотор и SGDH SERVOPACK. Мотори из серије SGMBH серво мотора, су синхрони мотори, а SGDH SERVOPACK омогућава управљање мотора брзином, позицијом и моментом.

2.3.1. Примена SGDH SERVOPACK – а

У овом делу ће бити појашњен начин функционисања управљања моторима брзином, позицијом и моментом. Свако од ових управљања биће појашњено и илустровано шемом тока сигнала и обликом сигнала који је потребан за свако од ових врста управљања.

- Коришћење SGDH SERVOPACK – а за управљање брзине

Најчешћа примена овог пакета и јесте за управљање брзине мотора.



Слика 10. Управљање брзине мотора[6]

На слици 10 је приказан принцип управљања брзином мотора која зависи од позиције вратила мотора. Тачније, петља за управљање позиције је направљена у спољашњем контролеру, где се упоређују задата позиција и стварна позиција мотора, на основу тога се формира сигнал управљања брзином. Такав сигнал се шаље као референтни сигнал на серво појачавач.

- Коришћење SGDН SERVOPACK – а за управљање момента

За постављање референтног момента на серво појачавач користи се аналогни сигнал који се формира на спољашњем контролеру.

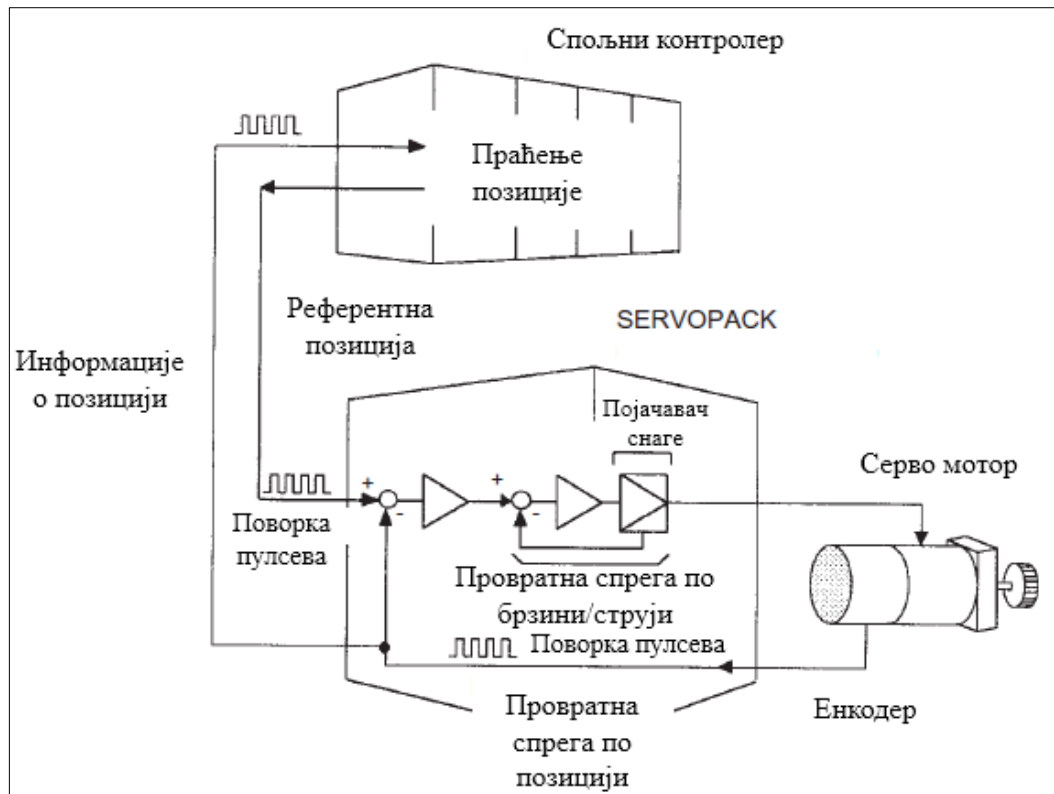


Слика 11. Управљање момента мотора[6]

На слици 11 се може видети структура и облик сигнала за управљање момента мотора. На спољашњем контролеру се формира референтни сигнал за момент мотора, а са серво појачавача се очитава вредност позиције са енкодера. Референтни сигнал за момент мотора је аналогни напонски сигнал.

- Коришћење SGDН SERVOPACK – а за управљање позиције

Коришћење овог пакета за управљање позиције може се вршити на више начина, а један од њих ће бити приказан у овом одељку.



Слика 12. Управљање позиције мотора[6]

На слици 12 је приказана структура управљања позицијом мотора која се може извести задавањем поворке пулсева на улаз серво појачавача. Спољашњи контролер производи поворку пулсева, а исто тако као повратну информацију позицији мотора прима са енкодера у истом формату сигнала.

Управљање позиције могуће је извести на више начина, а то зависи како су постављени параметри у серво појачавачу.

Зависно од параметара може се формирати управљање помоћу поворке пулсева на следећи начин:

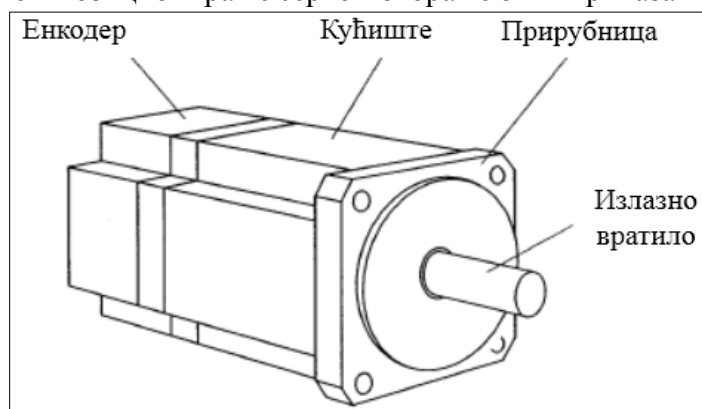
- правац + поворка пулсева
- две фазе поворке пулсева међусобно померене за 90°
- поворка пулсева за окретање унапред и за окретање уназад

3. Опис опреме

Приликом израде ове лабораторијске поставке коришћена је опрема од произвођача Yaskawa OMRON, и то два пакета SIGMA II Series SERVOS. Пакет SIGMA II Series SERVOS садржи један серво мотор и један серво појачавач. У оба пакета су коришћени апсолутно исти мотори и серво појачавачи. Модел серво мотора је SGMAH-04A1A61D-OY, а модел серво појачавача је SGD8H-04AE-OY.

3.1. Мотор

Серво мотори које производи Yaskawa OMRON имају сличну конструкцију и садрже сличне елементе. Делови који се могу видети са спољне стране мотора и који су битни за монтирање и позиционирање серво мотора ће бити приказани на следећој слици.



Слика 13. Спољашњи изглед серво мотора са назначеним компонентама[6]

На слици 13 се могу видети делови серво мотора који се налазе са спољне стране мотора и који имају битну улогу у позиционирању и монтирању серво мотора у серво систему.

Карактеристике мотора, које је произвођач дао у упутству, се могу прочитати на основу бројева који означавају модел мотора. Свака од цифара у броју модела симболизују једну од карактеристика. Као што је већ напоменуто, модел мотора који је коришћен у изради поставке је SGMAH-04A1A61D-OY и у наставку ће бити изложене његове карактеристике.

SGMAH – 04 A 1 A 6 1 D - OY	
Назив сервомотора	Опционо: За произвођача
Снага сервомотора: 0.4 kW	Погон: Директан погон
Напајање сервомотора: 200V	Кочница: Без кочнице
Врста енкодера: 16 bit-ни апсолутни енкодер	Изглед вратила: Равно са жлебом за клин
	Дизајн: SGMAH

Слика 14. Карактеристике мотора на основу броја модела[5]

На слици 14 се могу прочитати основне карактеристике мотора на основу цифара из ознаке модела. Додатне карактеристике ће бити приказане у наставку рада.

Карактеристике наведеног модела:

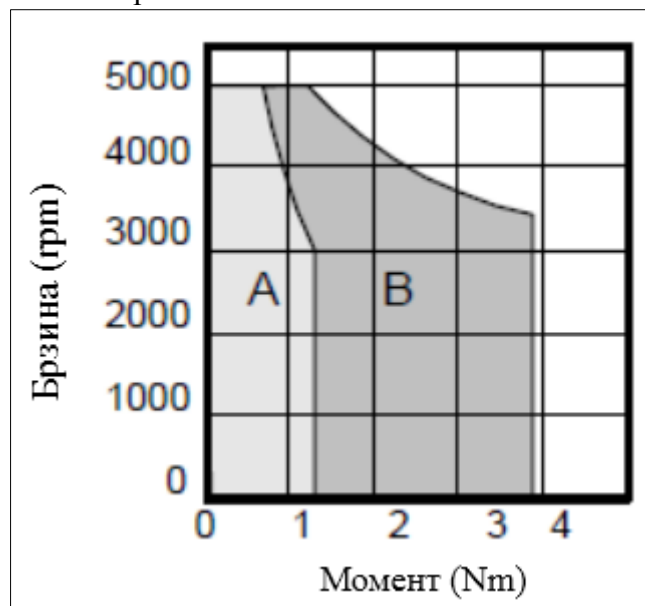
- Класа вибрације: 15 μm
- Класа изолације: Класа В
- Амбијентална температура: 0 до 40°C

- Амбијентална влажност: 20% до 80% без кондензације
- Побуда: Стални магнет
- Погон: Директан
- Начин монтирања: методом Flange (прирубнице, чеоног обода)
- Кућиште: Затворено са самохлађењем

Табела 1. Карактеристике мотора[5]

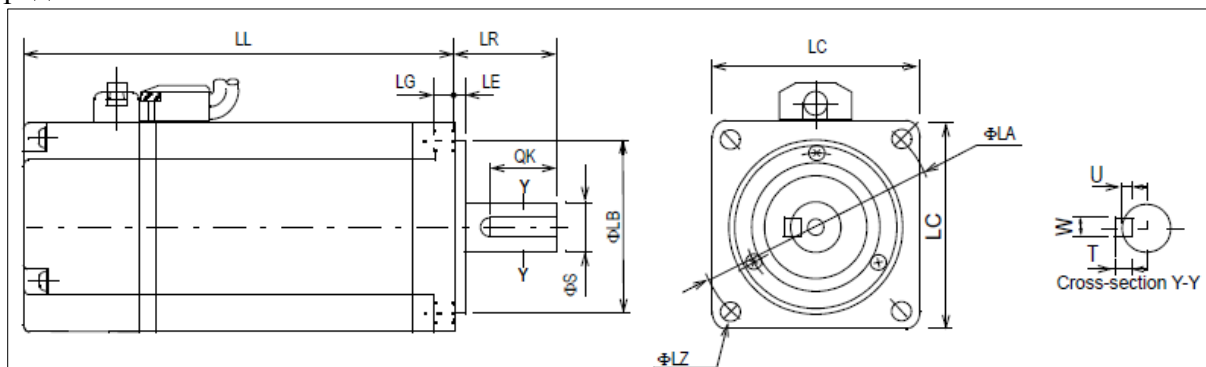
Серво мотор модел SGMAH 04A	Мерна јединица	Вреднос
Номинална снага	kW	0.4
Номинални момент	Nm	1.27
Тренутни скок момента	Nm	3.82
Номинална струја	A_{rms}	2.8
Тренутна максимална струја	A_{rms}	8.5
Номинална брзина	rpm	3000
Максимална брзина	rpm	5000
Константа момента	Nm/A_{rms}	0.498
Момент инерције	$kg \cdot m^2 \cdot 10^{-4}$	0.173
Номинална снага	kW/s	93.7
Номинално угаоно убрзање	rad/s^2	73600
Временска константа инерције	ms	0.25
Индукциона временска константа	ms	5.4

У табели 1 су приказане електричне и електро-механичке карактеристике мотора на основу којих се могу проценити могућности мотора. У наставку ће бити приказан однос брзине и момента мотора.



Слика 15. Карактеристика момент-брзина; A – Континуална област, B – Периодична област[5]

На слици 15 је приказана зависност момента и брзине окретања ротора електромотора. На слици се могу видети две области; област А где је приказана поменута зависност у континуалном режиму рада и област В где је мотор у периодичном режиму рада.



Слика 16. Цртеж серво мотора са означеним димензијама[5]

На слици 16 су обележене димензије серво мотора са свим отворима и дужинама, а њихове вредности ће бити приказане у наредној табели.

Табела 2. Вредности димензија серво мотора[5]

Модел SGMAH 04A	LL	LR	LG	LC	LE	ΦLA	ΦLZ	ΦS	ΦLB	QK	U	W	T	Маса (kg)
Дужина (mm)	124.5	30	6	60	3	70	5.5	14	50	20	3	5	5	3.75

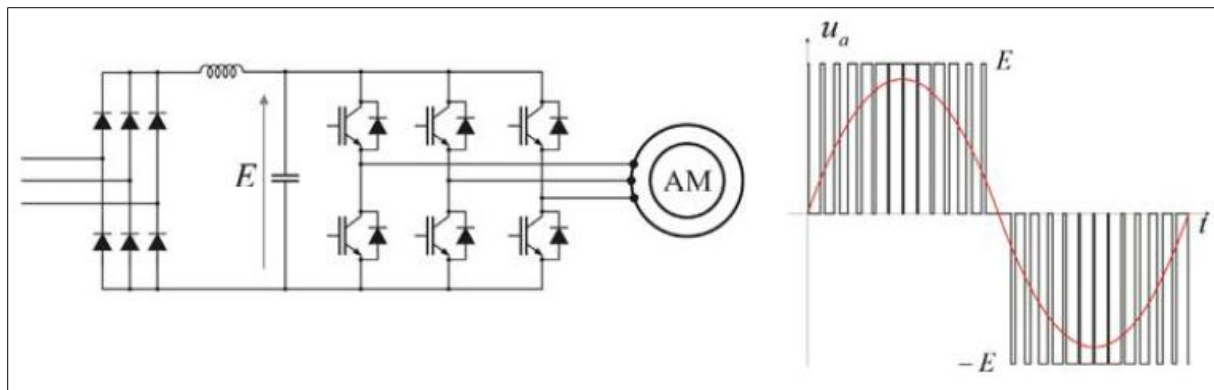
У табели 2 су дате све вредности габаритних мера серво мотора, на основу којих се може серво мотор позиционирати у конструкцији система, а такође је ова табела битна и при самом пројектовању система како би се добро прорачунале габаритне мере целокупног система.

3.2. Серво појачавач

Серво појачавач који је коришћен при изради ове лабораторијске поставке, јесте Yaskawa OMRON – ов модел SGDH-04AE-OY.

3.2.1. Шта је серво појачавач, начин функционисања серво појачавача у општем смислу

Енергетски претварач, инвертор или серво појачавач, је уређај за напајање асинхронног мотора који на својим излазним прикључцима производи трофазни напон којим се управља асинхронним моторима.[3]



Слика 17. Електрична шема енергетског претварача за напајање асинхроног мотора и облик линијског напона[3]

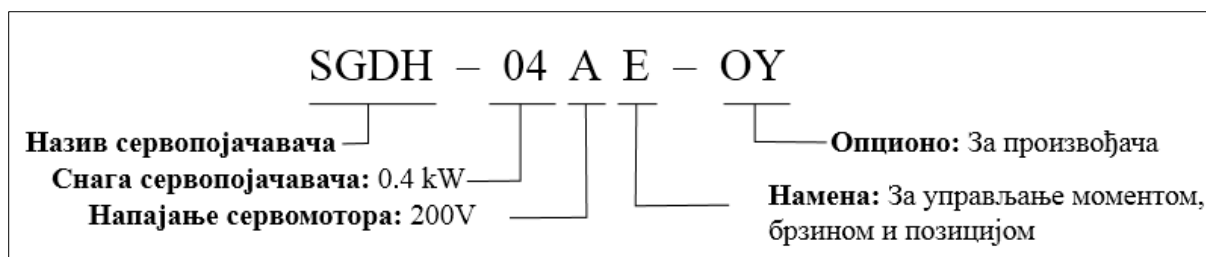
На левој страни слике 17 се може видети електрична шема енергетског претварача за напајање асинхроног мотора, а на десној страни је приказан облик линијског напона.

Напон на прикључцима у десном делу слике користи се за напајање трофазних машина напоном променљиве учестаности и амплитуде. Трофазни диодни исправљач који има шест диода исправља трофазну мрежу која се доводи на улаз енергетског претварача (леви део слике). Исправљени напон E постоји на кондензатору који је постављен у средишњи део претварача који се зове једносмерно међуколо. Прекидачка структура се састоји од укупно шест транзисторских прекидача снаге, организованих у три групе од по два транзисторска прекидача снаге повезана на ред и прикључена између сабирница једносмерног напона. Група од два редно везана прекидача зове се фаза инвертора (eng. inverter arm). У сваком тренутку је укључен један од два прекидача. Укључење оба прекидача би начинило кратак спој једносмерног међукола. [3]

Узимајући негативни пол једносмерног међукола за референтни потенцијал, укључење горњег прекидача резултује фазним напонем $u_a = E$, док укључење доњег прекидача даје $u_a = 0$. Исто важи и за фазне напоне u_b и u_c . Фазни напони узимају дискретне вредности, $u \in \{0, +E\}$, тако да линијски напони, какав је u је $u_{ab} = u_a - u_b$, узимају једну од три дискретне вредности, $u_{ab} \in \{-E, 0, +E\}$. Дакле, тренутна вредност линијског напона се не може мењати, већ узима једну од три дискретне вредности. Међутим, брзом изменом прекидачких стања може се добити поворка импулса променљиве ширине. Континуалном променом ширине импулса могуће је остварити континуалну промену средње вредности напона. Брзом изменом расположивих дискретних вредности $\{-E, 0, +E\}$, линијски напон може имати облик поворке импулса као што је показано на горњем десном делу слике. Променом ширине приказаних импулса могуће је мењати средњу вредност напона, и тако у машини створити ефекте једнаке онима који би се јавили код напајања из идеалног напонског извора са простопериодичном променом тренутне вредности напона. [3]

3.2.2. Серво појачавач Yaskawa OMRON SGDH-04AE-OY

Као што је случај са мотором тако је и са серво појачавачем, из цифара модела могу се прочитати карактеристике овог појачавача.



Слика 18. Карактеристике серво појачавача на основу броја модела[5]

На слици 18 се могу прочитати карактеристике појачавача на основу цифара модела појачавача.

Табела 3. Карактеристике серво појачавача[5]

Серво појачавач SGDH-04AE-OY		
Серво мотор	SGMAH __A 200V	04
	SGMPH __A 200V	04
	Максимална снага серво мотора [kW]	0.4
Основне карактеристике	Стална улазна струја [A_{rms}]	5.5
	Стална излазна струја [A_{rms}]	2.8
	Максимална излазна струја [A_{rms}]	8.5
	Напон напајања главног кола	За монофазни/трофазни систем 200 до 230 V + 10 до 15 %, 50/60Hz
	Напон напајања управљачког кола	За монофазни систем 200 до 230.5 V + 10 до 15 %, 50/60Hz
	Начин управљања	Синусоидни сигнал
	Повратна спрега	Енкодер
	Амбијентална/Складишна температура	0 до 55°C / -20 до 85°C
	Амбијентална/Складишна влажност	90% без кондензације
	Вибрациона/Ударна отпорност	4.9 m/s ² /19.6 m/s ²
	Маса [kg]	1.1
Управљање брзине и момента опсег	Опсег брзинског управљања	1:5000
	Фреквенцијска карактеристика [Hz]	400
	Рампа брзине	0 до 10 s зависно од убрзања
	Референтни улазни напон за управљање брзине	±6 V, променљиви опсег је могућ од ±2 V до ±10 V,

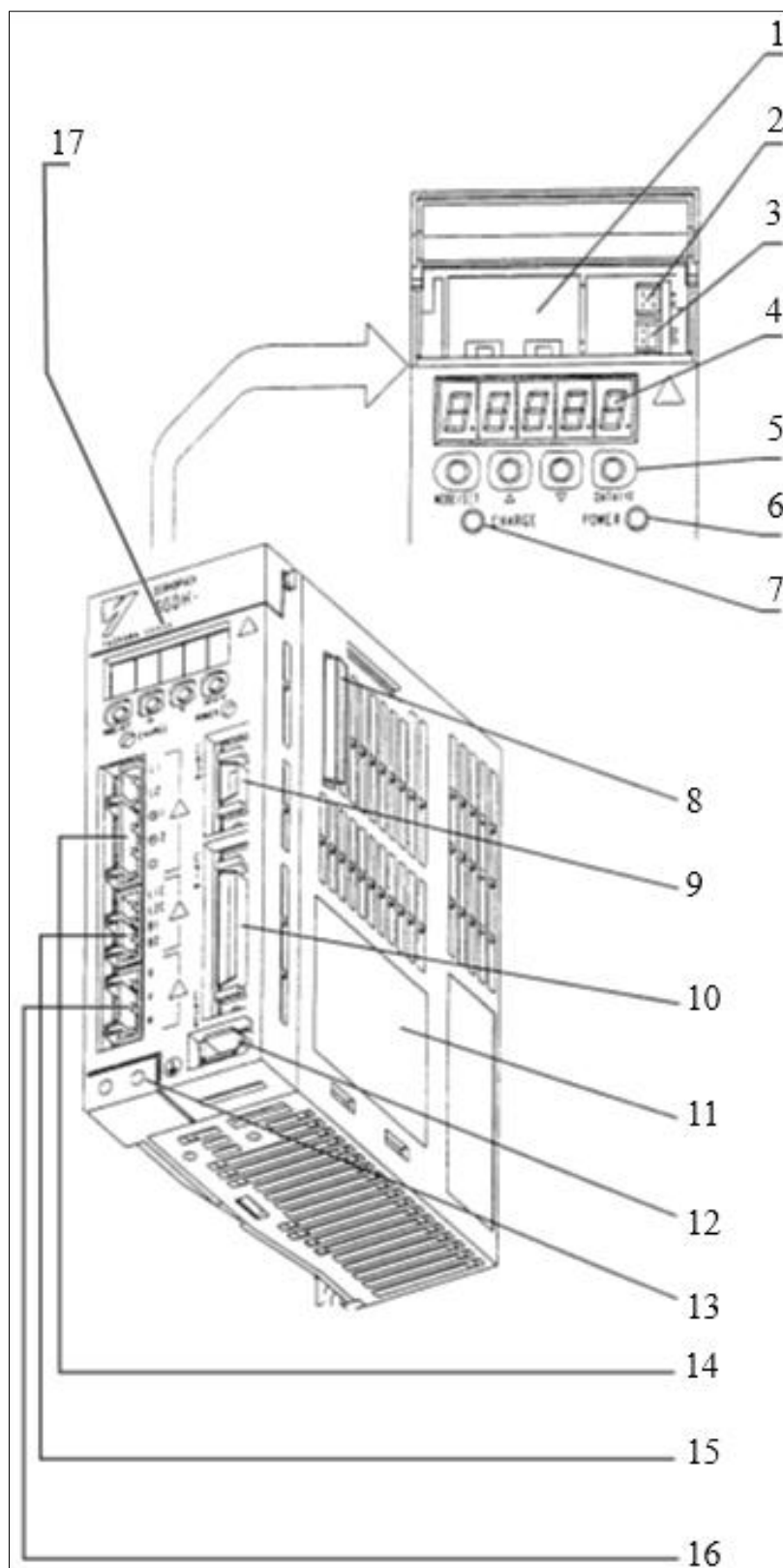
Развој лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона за надзор и управљање путем Интернета

		максимални улазни напон је $\pm 12\text{ V}$
	Улазна импеданса за управљање брзине	Око $14\text{ k}\Omega$
	Референтни улазни напон за управљање момента	$\pm 3\text{ V}$, променљиви опсег је могућ од $\pm 1\text{ V}$ до $\pm 10\text{ V}$, максимални улазни напон је $\pm 12\text{ V}$
	Улазна импеданса за управљање момента	Око $14\text{ k}\Omega$
	Временска константа кола за управљање момента	Око $47\text{ }\mu\text{s}$
	Правац ротирања код управљања брзине помоћу контаката	Уз помоћ P управљачког сигнала (/P-CON)
	Избор и промена брзине код управљања брзине помоћу контаката	Уз помоћ два управљачка сигнала, њиховом комбинацијом се постижу задате брзине (од 1 до 3), а када су оба сигнала искључена мотор стаје или се мотором управља другом методом управљања
Интерне функције	Динамичка кочница	Активира се: када је искључен главно напајање, серво аларм, када је серво искључен.
	Електронски преносни однос	$0.01 \leq A/B \leq 100$
	Заштита	Јака струја, висок напон, низак напон, преоптерећење, грешка главног напајања, прегрејаност, недостатак главног напајања, превелика брзина, грешка енкодера, грешка на процесору, грешка у параметрима ...
	LED монитор	Седмо сегментни LED монитор
	CN5 аналогни монитор	Аналогни монитор служи за читавање брзине момента и других референтних сигнала. Брзина: $1\text{ V}/1000\text{ rpm}$ Момент: $1\text{ V}/100\%$ од задатог момента

Развој лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона за надзор и управљање путем Интернета

		Пулс: 0.05 V/референтна јединица или 0.05 V/ 100 референтних јединица
Комуникација	Повезивање уређаја	RS-422A прикључак, омогућава конекцију са дигиталним управљачем такође се може користити и за повезивање са рачунаром, конекцијом на RS-232C прикључак
	1:N комуникација	До N = 14 за RS – 422A прикључак

У табели 3 се могу видети карактеристике појачавача које се односе како на саме улазе и излазе тако и на начине управљања и њихове карактеристике.



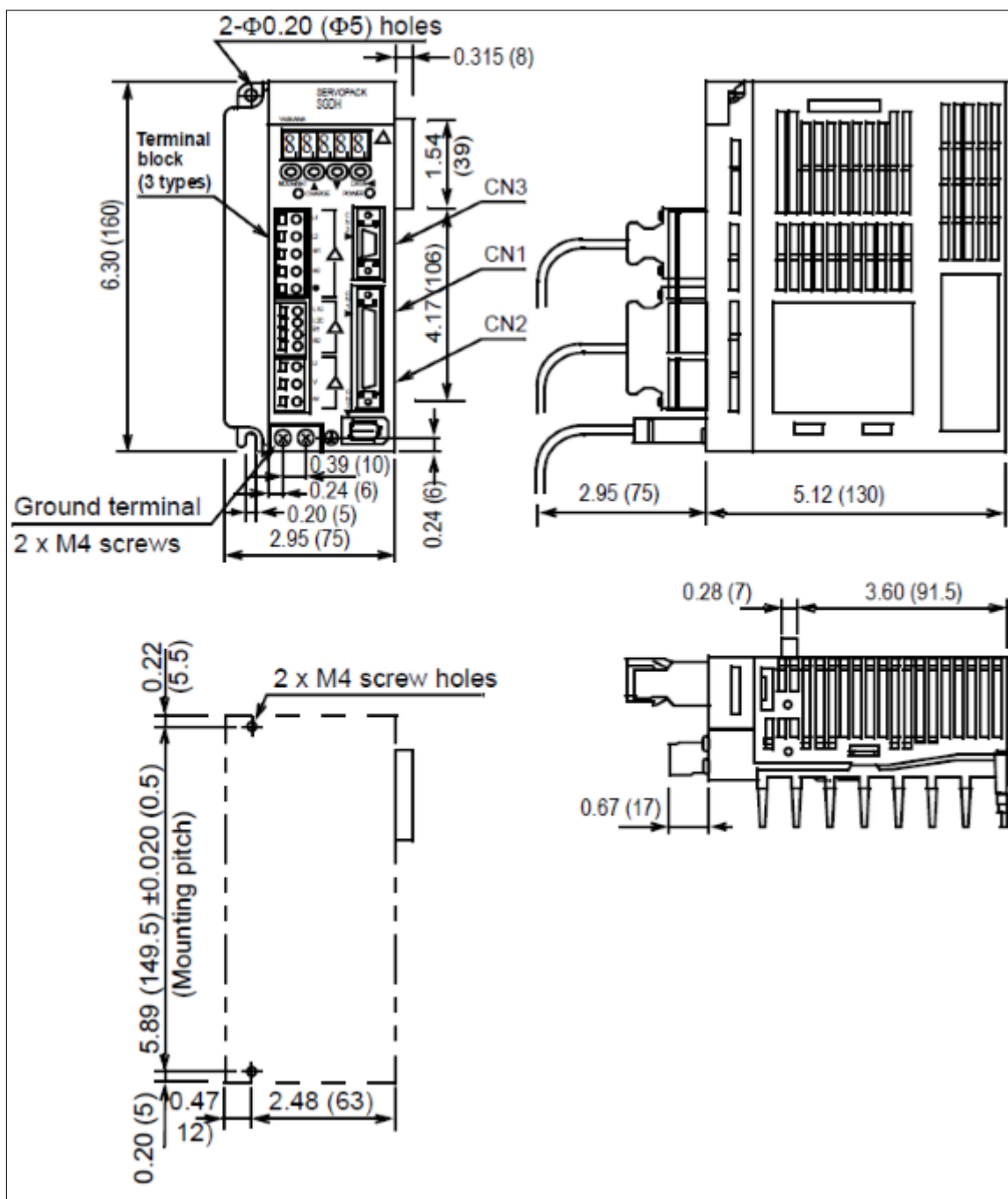
Слика 19. Приказ серво појачавача са означним елементима и прикључцима[5]

На слици 19 је приказан серво појачавач са својим елементима и прикључцима, сви елементи су означени са бројем, а детаљан опис сваког елемента је приказан у наставку.

Табела 4. Табела елемената серво појачавача[5]

Редни број	Назив елемента	Опис елемента
1	Носач батерије	Користи се као кућиште батерије за бекуп за апсолутни енкодер.
2	CN5 конектор за аналогни монитор	Користи се да се читава брзина, референтни момент и друге вредности уз помоћ специјалног кабла
3	CN8 конектор за батерију	Конектор за бекуп батерију за апсолутни енкодер
4	Монитор на кућишту	Пет седмо сегментних елемената монитора који се користе да прикажу стање серво механизма, стање аларма и друге вредности када се параметри уносе.
5	Тастери	Користе се за постављање параметара.
6	Индикатор напајања	Светли када је напајање укључено
7	Индикатор пуњења	Светли када је главно напајање прикључено и остаје укључено све док је кондензатор на појачавачу напуњен. Стога, ако је индикатор пуњења укључен, не дирати појачавач иако је напајање искључено.
8	CN10 конектор за додатне уређаје	За конекцију опционих јединица за надоградњу појачавачких функција.
9	CN3 конектор за рачунар или за дигитални оператер	Користи се за комуникацију са рачунаром или опционо за конекцију на дигитални оператер
10	CN1 конектор улазно излазних сигнала	Користи се и за референтне улазе и за секвенце улаза и излаза
11	Плочица са именом	Приказује модел серво појачавача и његове спецификације
12	CN2 конектор за енкодер	Конектује се са енкодером на серво мотору
13	Конектори за уземљење	Мора бити конектовано да заштити појачавач од електричног удара.
14	Напајање кола	Користи се као улаз главног мрежног напајања
15	Контролно напајање	Повезује се на контролно напајање и на спољашњи монтирани регенеративни отпорник (где је то могуће).
16	Конектор за серво мотор	Повезује се на конектор напајања серво мотора
17	Број верзије	Показује верзију хардвера и софтвера серво појачавача

У табели 4 су наведени сви елементи серво појачавача и дат је кратак опис за сваки од тих елемената. У табели се може видети која је улога сваког од елемента и на који начин се може користити.

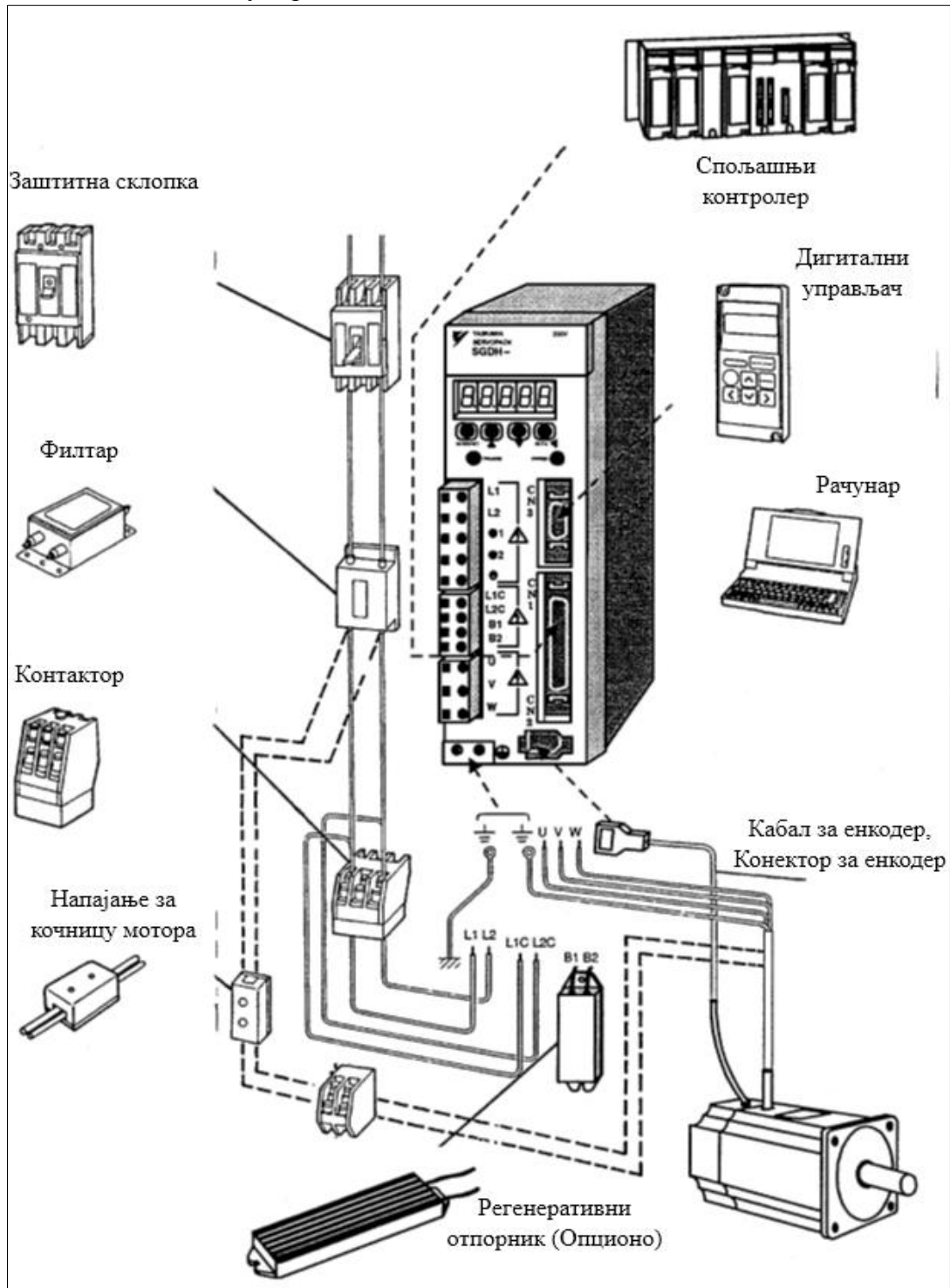


Слика 20. Цртеж серво појачавача са означеним димензијама[5]

На слици 20 је приказан цртеж серво појачавача на коме су назначене димензије појачавача, конектора као и отвора за причвршћивање и монтирање. Ове мере имају велики значај при пројектовању и креирању новог серво система.

3.3. Повезивање серво мотора и серво појачавача у серво систем

У предходним поглављима објашњен је појам серво систем и описане су компоненте које га сачињавају, а исто тако су описане и компоненте које су коришћене при изради лабораторијског система. На наредној слици ће бити приказана шема повезивања компоненти у серво систем.



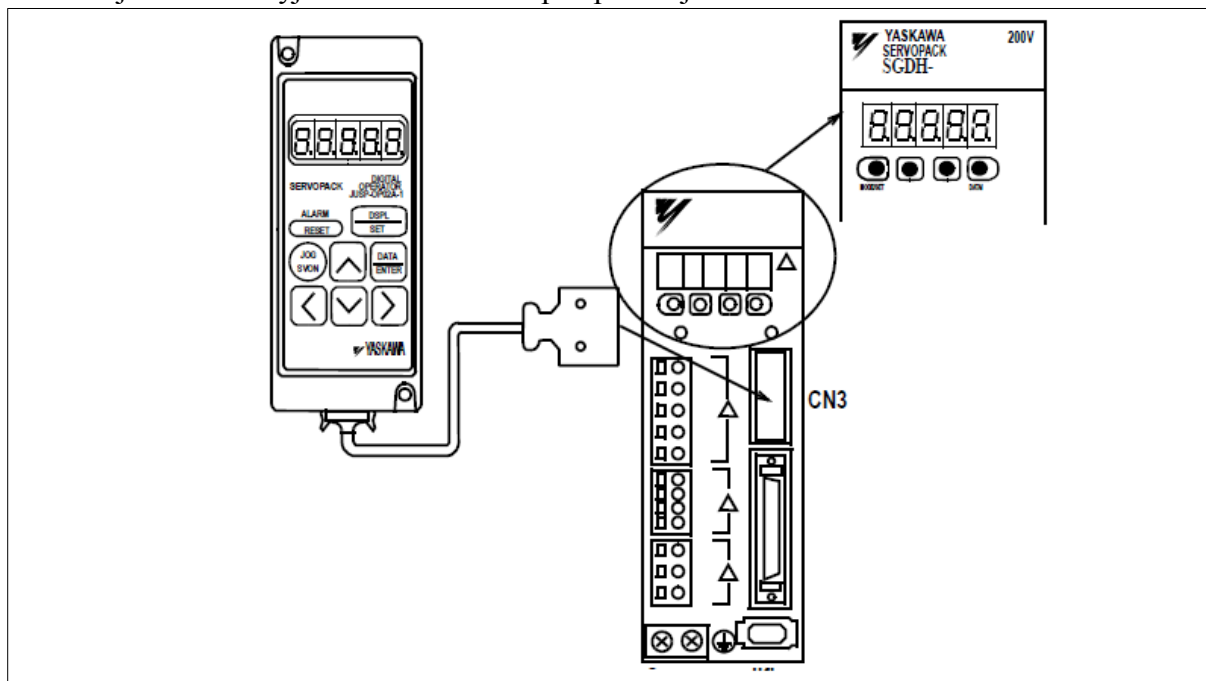
Слика 21. Шема повезивања компоненти у серво систем[5]

На слици 21 су приказани међусобно повезане главне компоненте серво система, које су међусобно повезане са помоћним компонентама и елементима. Улога помоћних компоненти може да буде разнолика и протеже се преко заштите, подешавања надзора и слично.

За израду лабораторијског система нису коришћене све компоненте са слике, јер њихова улога није значајна за жељени систем. Напајање за кочницу мотора није коришћено, јер мотори који су имплементирани у лабораторијски систем немају кочницу, као и регенеративни отпорник који се користи само у случају када је капацитет већ постојећег отпорника недовољна. Дигитални управљач није коришћен из разлога, што је његова функција преглед и подешавање параметара, а за ту врсту посла је коришћен аналогни управљач који је имплементиран на инвертору, поред аналогног управљача коришћен је рачунар у исту сврху.

3.4. Контролна табла појачавача

Постоје два начина за подешавање и праћење стања серво појачавача и то су: уграђена контролна табла на предњој страни појачавача и ручна или покретна контролна табла која се конектује на CN3 конектор серво појачавача.



Слика 22. Два типа контролне табле[5]

На слици 22 су приказана две врсте контролне табле помоћу којих се може подешавати серво појачавач и такође пратити стање и промене на серво појачавачу.

Разлика између ове две контролне табле не постоји што се тиче намене, разлика се огледа само у томе што је са покретном таблом могуће подешавати и пратити појачавач са локације која је удаљена од серво појачавача.

У току израде рада и лабораторијске посете коришћена је само уграђена контролна табла.

3.4.1. Начин функционисања контролне табле

Панел се може користити за постављање параметара, постављање референтних величина и може се користити као приказ тренутног стања и статуса појачавача.

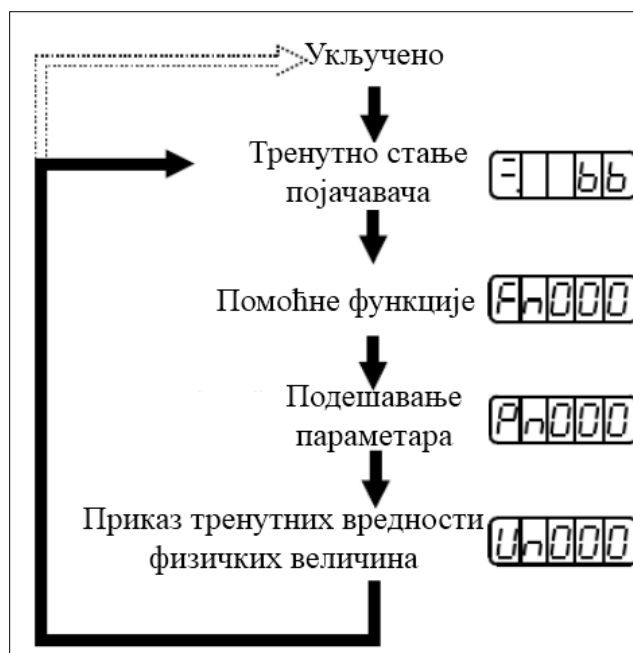
Као што се могло видети на слици 20 контролна табла има четири тастера којима се врши избор и подешавање свих вредности које пружа овај појачавач. У наставку је описана функција сваког тастера појединачно.

Табела 5. Функција тастера на контролној табли[5]

Ознака тастера	Име	Функција
	Стрелица горе	• Притиском на овај тастер врши се избор или подешавање параметра • Притиском на тастер Стрелица горе повећава се вредност подешаване величине • Притиском на тастер Стрелица доле смањује се вредност подешаване величине • Притиском на тастере Стрелица горе и доле истовремено, ресетује се аларм серво појачавача
	Стрелица доле	
	MODE/SET тастер	Притиском овог тастера врши се избор између врсте приказа на показивачу. Могући прикази су: Тренутно стање појачавача, помоћне функције, подешавање параметара или приказ тренутних вредности физичких величина
	DATA/SHIFT тастер	• Притиском на овај тастер врши се подешавање неког параметра или приказ постављене вредности неког параметра. • Поред тога овај тастер се користи за одабир цифре коју је потребно изменити или подешавање података.

Избор приказа на контролној табли се врши када је потребно видети тренутно стање серво појачавача, подешавање параметара, подешавање референтних величина и приказ тренутних физичких величина. У наставку ће бити приказан избор приказа у зависности од притиска на тастер.

За промену приказа користи се тастер MODE/SET.



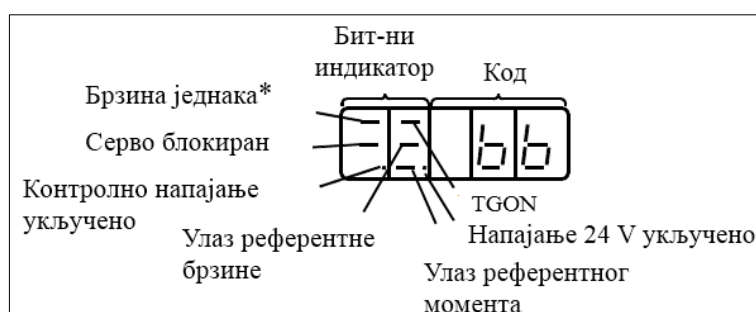
Слика 23. Промена приказа на контролној табли[5]

На слици 23 је могуће видети како се врши избор приказа на контролној табли серво појачавача и како се сваким новим притиском на тастер MODE/SET мења садржина приказа.

Након укључивања серво појачавача на мрежни напон на табли је приказано тренутно стање серво појачавача, сваким наредним притиском на тастер врши се промена као што је представљено на слици 23.

Приказ који се појављује након укључивања серво појачавача је визуелно исти за управљање брзине, моментом и позицијом, али значење је за сва три случаја различито. Укључени индикатори који светле имају различита значења и њихово значење ће бити у наставку објашњено.

- Управљање брзине и момента



Слика 24. Значење бинарних индикатора код управљања брзином и моментом[5]

(*) значи да је индикатор увек укључен када је серво појачавач у режиму управљања моментом

На слици 24 је приказано значење индикатора који се могу прочитати на контролној табли када је изабран приказ тренутног стања серво појачавача при управљању брзином и моментом. У наставку је приказана табела у којој су детаљније описани сви бит-ни индикатори и кодови који се могу јавити приликом управљања брзином и моментом.

Табела 6. Објашњење бит-них индикатора[5]

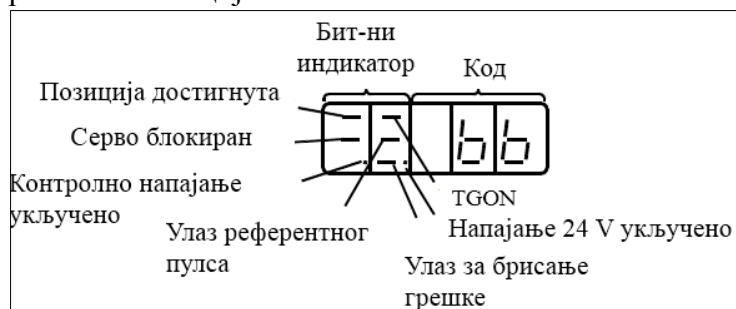
Значење бит-них индикатора при управљању брзином и моментом	
Бит-ни индикатор	Објашњење
Контролно напајање укључено	Светли када је контролно напајање укључено, односно када се између контакта L1C и L2C доведе напон напајања.
Серво блокиран	Светли када је серво блокиран, односно када није спреман за рад. Не светли када је сигнал Servo ON укључен, што значи да овај индикатор светли све док се контакт Servo ON не повеже на 0 V.
Брзина једнака	Светли када је разлика између брзине мотора и референтне брзине једнака или мања од вредности писане у параметру Pn503.
/TGON	Светли када брзина мотора пређе задату вредност. Задата вредност је уписана у параметру Pn502
Улаз референтне брзине	Светли када улазна референтна брзина пређе задату вредност. Жељена вредност је уписана у параметру Pn502.
Улаз референтног момента	Светли када улазни референтни момент пређе постављену вредност. Постављена вредност је 10% од укупног момента.
Напајање 24 V укључено	Светли када је на контакт за главно напајање прикључен на 24V. Не светли када је напајање искључено.

Табела 7. Објашњење кодова[5]

Значење кодова при управљању брзином и моментом	
Кодови	Објашњење
	Серво блокиран. Серво искључен (мотори искључени)
	Серво укључен. (Run)
	Блокирано кретање у напред.
	Блокирано кретање у назад.
	Стање аларма. Приказује се број аларма.

У табелама 6 и 7 су приказана објашњења бит-них индикатора и кодова који се могу појавити при приказу тренутног стања на серво појачавачу при управљању брзином и моментом.

- Управљање позиције



Слика 25. Значење бинарних индикатора код управљања позицијом[5]

На слици 25 је приказано значење индикатора који се могу прочитати на контролној табли када је изабран приказ тренутног стања серво појачавача при управљању позицијом. У наставку је приказана табела у којој су детаљније описани сви бит-ни индикатори и кодови који се могу јавити приликом управљања позицијом.

Табела 8. Објашњење бит-них индикатора[5]

Значење бит-них индикатора при управљању позицијом	
Бит-ни индикатор	Објашњење
Контролно напајање укључено	Светли када је контролно напајање укључено, односно када се између контакта L1C и L2C доведе напон напајања.
Серво блокиран	Светли када је серво блокиран односно када није спреман за рад. Не светли када је сигнал Servo ON укључен, што значи да овај индикатор светли све док се контакт Servo ON не повеже на 0 V.
Позиција достигнута	Светли када је разлика између позиције мотора и референтне позиције једнака или мања од вредности писане у параметру Pn502.
/TGON	Светли када брзина мотора пређе задату вредност. Задата вредност је уписана у параметру Pn502
Улаз референтног пулса	Светли само када је на улазу референтни пулс.
Улаз за брисање грешке	Светли када је на улаз доведен сигнал за брисање грешке бројача.
Напајање 24V укључено	Светли када је контакт за главно напајање прикључен на 24V. Не светли када је напајање искључено.

Табела 9. Објашњење кодова[5]

Значење кодова при управљању позицијом	
Кодови	Објашњење
	Серво блокиран. Серво искључен (мотори искључени)
	Серво укључен. (Run)
	Блокирано кретање у напред
	Блокирано кретање у назад.
	Стање аларма. Приказује се број аларма.

3.4.2. Помоћне функције

У ову групу подешавања спадају променљиве које су везане за основна подешавања за покретање и подешавање мотора. О овим подешавањима неће бити пуно речи из разлога што је тема рада другог карактера и не базира се на опште поставке и подешавање мотора.

У овој групи подешавања могу се подесити и прочитати неки од следећих параметара који ће бити приказани у наредној табели.

Табела 10. Пример помоћних функција[5]

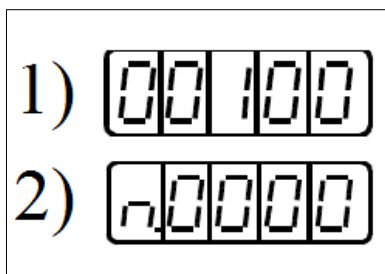
Fn000	Приказ историје аларма
Fn001	Ауто подешавање
Fn006	Брисање историје аларма
Fn009	Аутоматско подешавање аналогног референтног опсега (брзине и момента)
Fn00A	Ручно подешавање опсега референтне брзине
Fn00B	Ручно подешавање опсега референтног момента
Fn010	Подешавање лозинке
Fn011	Модел мотора
Fn012	Верзија софтвера

У табели 10 се могу прочитати неки од подешавања који спадају у групу помоћних функција. У табели је приказано име и опис функције. Промена вредности или активирање наведених функција врши се на потпуно исти начин као што је приказано у табели 5.

3.4.3. Подешавање параметара

Подешавање параметара и избор функција се врше у истом режиму рада. Под подешавањем параметара се подразумева упис вредности жељеног параметра у дозвољеним границама које је прописао произвођач, а избор функције се врши тако што се променом само једног броја у параметру мења начин рада појачавача.

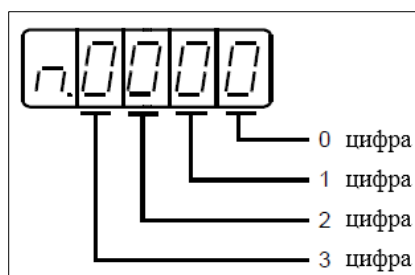
При подешавању параметара има два различита приказа, за промену параметара приказ је са пет цифара, а док је приказ при избору функције хексадецималан са четири цифре.



Слика 26. Приказ при промени параметра 1), избор функције 2)[5]

На слици 26 је приказан изглед приказа када се врши промена параметра и у случају када се врши избор функције. Први приказ је при промени параметара и могу се користити пет цифара, док је други приказ при избору функције и он је хексадецималан од четири цифре.

При избору функције свака цифра параметра има јединствено значење. На пример, скроз десна цифра у параметру Pn000 се може изразити као Pn000.0. Свака цифра при избору функције је дефинисана као што ће бити приказано у наставку. На приказу параметра у наставку је објашњено како су цифре у приказу распоређене.



Слика 27. Начин расподеле параметара при избору функције

На слици 27 се може уочити расподела параметара при избору функције и на који се начин може краће и тачније описати промењени параметар:

- Pn000.0 – Означава да је вредност уписана на место цифре 0 у параметру Pn000
- Pn000.1 – Означава да је вредност уписана на место цифре 1 у параметру Pn000
- Pn000.2 – Означава да је вредност уписана на место цифре 2 у параметру Pn000
- Pn000.3 – Означава да је вредност уписана на место цифре 3 у параметру Pn000

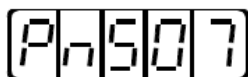
3.4.3.1. Пример промене параметара

Потребно је параметар Pn507 променити са вредности 100 на вредност 85.

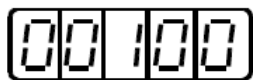
1. Притиснути MODE/SET тастер на контролној табли како би режим подешавања параметара био изабран.



2. Затим притиснути стрелицу горе или стрелицу доле како би се изабрао жељени параметар Pn507.



3. Задржати тастер DATA/SHIFT минимум на једну секунду како би се приказала тренутна вредност изабраног параметра.

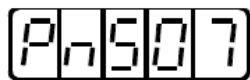


4. Притискати стрелицу на горе или стрелицу на доле како би се достигла жељена вредност 00085.

5. Када је жељена вредност достигнута, задржати тастер DATA/SHIFT на најмање једну секунду како би се нова вредност сачувала, и држати све док приказ не почне да трепери.



6. Притиснути DATA/SHIFT тастер још једном најмање на једну секунду док се не прикаже број параметра поново.



На овај начин је вредност параметра Pn507 промењена са 100 на 85.

3.4.3.2. Пример избора функције

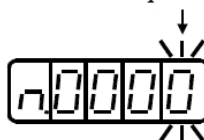
Потребно је параметар Pn000.1 поставити на вредност 1.

1. Притиснути MODE/SET тастер на контролној табли како би режим подешавања параметара био изабран.



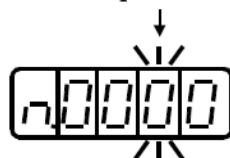
2. Затим притиснути стрелицу горе или стрелицу доле како би се изабрао жељени параметар Pn000.
3. Задржати тастер DATA/SHIFT минимум на једну секунду како би се приказала тренутна вредност изабраног параметра.

Цифра коју је потребно променити



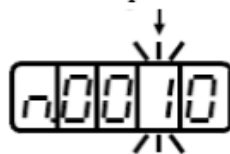
4. Притиснути тастер DATA/SHIFT како би се изабрала цифра који је потребно променити.

Цифра коју је потребно променити



5. Притиснути стрелицу горе или стрелицу доле како би се изабрала вредност дефинисана како функција за изабрану цифру.

Цифра коју је потребно променити



Поновити корак 4 и 5 за промену жељене вредности.

6. Притиснути тастер DATA/SHIFT на најмање једну секунду како би се нова вредност сачувала, и држати све док приказ не почне да трепери.



7. Притиснути DATA/SHIFT тастер још једном најмање на једну секунду док се не прикаже број параметра поново.



На овај начин је промењена прва цифра параметра Pn000 на вредност 1.

3.4.4. Приказ тренутних вредности физичких величина

Овај режим се користи за приказ и праћење референтних вредности, стања улазних и излазних сигнала као и стања серво појачавача. Овај режим се може покренути и током рада мотора.

Неке од величина које се могу прочитати у овом приказу ће бити приказане табеларно у наставку.

Табела 11. Пример приказа тренутних вредности физичких величина

Un000	Тренутна брзина мотора
Un001	Референтна улазна брзина
Un002	Референтни интерни момент
Un003	Угао ротације 1
Un004	Угао ротације 2
Un005	Приказ улазних сигнала
Un006	Приказ излазних сигнала
Un00C	Референтни улазни бројач пулсева

У табели 11 су приказане неке од могућих величина које се могу пратити и прегледати у току рада мотора. Могуће је пратити још неке од величина али интересантне и величине које су праћене у току израде овог рада су приложене у табели.

3.4.4.1. Приказ улазних сигнала

Избором параметра Un005 на показивачу је могуће прочитати стање појединих улаза серво појачавача. Могуће је пратити стање осам улаза и то на тај начин што за сваки од улаза постоје две LED диоде. Распоред LED диода је дат на наредној слици.



Слика 28. Распоред LED диода у приказу улазних сигнала[5]

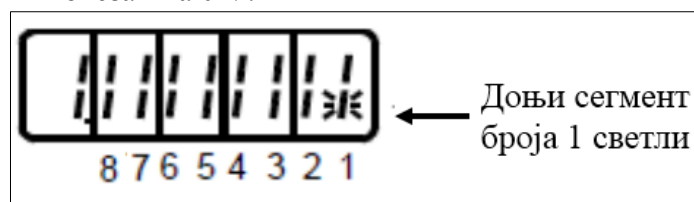
На слици 28 је приказан распоред диода на контролној табли при приказу улазних сигнала. Они приказују укључено/искључено стање на вертикалним деловима седмосегментног показивача и распоређени су у два реда горњи и доњи. Свака од вертикала је засебан улазни сигнал и укључује се једна од диода зависно од стања сигнала. Распоред улазних сигнала по вертикалама ће бити дат у наредној табели.

Табела 12. Распоред сигнала по редном броју на приказу улазних сигнала

Редни број	Улазни сигнал са терминала	Име сигнала
1	SI0(CN1-40)	/S-ON
2	SI1(CN1-41)	/P-CON
3	SI2(CN1-42)	P-OT
4	SI3(CN1-43)	N-OT
5	SI4(CN1-44)	/ALM-RST
6	SI5(CN1-45)	/P-CL
7	SI6(CN1-46)	/N-CL
8	(CN1-4)	SEN

У табели 12 је дат редни број сигнала са приказа, редни број и позиција истог сигнала на главном терминалу CN1 као и име датог сигнала. На основу ове табеле се може растумачити који статус има одређени сигнал.

На наредној слици ће бити приказано како изгледа приказ када је први терминал са листе из табеле 12 повезан на 0 V.



Слика 29. Сигнал са првог терминала је повезан на 0 V[5]

На слици 29 је приказан изглед приказа у тренутку када је први терминал повезан на 0 V и тада је статус поменутог сигнала ON. У литератури која је коришћена као приручник за серво појачаваче, који су коришћени у изради овог рада, сматра се да је статус сигнала ON ако је његова вредност напона 0 V и статус сигнала је OFF када је вредност напона 24 V. Из овога се може закључити да је статус приказаног сигнала ON.

3.4.5. Приказ излазних сигнала

Избором параметра Un006 на показивачу је могуће прочитати стање појединих излаза серво појачавача. За разлику од приказа улазних сигнала, могуће је пратити само седам излазних сигнала и то тако што за сваки од сигнала постоје две LED диоде које описују стање сигнала.

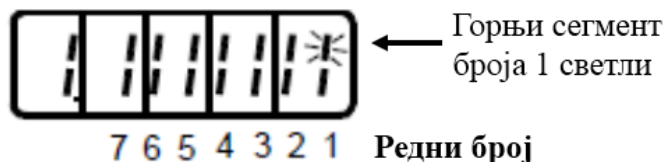
Између изгледа приказа код улазних сигнала и излазних не постоји разлике, што значи да је приказ излазних сигнала потпуно исти као на слици 26. Разлика је само у распореду и називу сигнала који се прате. Распоред и назив сигнала ће бити приказани табеларно у наредној табели.

Табела 13. Распоред сигнала по редном броју на приказу улазних сигнала

Редни број	Улазни сигнал са терминала	Име сигнала
1	(CN1-31,- 32)	ALM
2	SO1(CN1-25, -26)	/COIN или /V-CMP
3	SO2(CN1-27, -28)	/TGON
4	SO3(CN1-29, -30)	N-OT
5	(CN1-37)	AL01
6	(CN1-38)	AL02
7	(CN1-39)	AL03

У табели 13 је дат редни број сигнала са приказа, редни број и позиција истог сигнала на главном терминалу CN1 као и име датог сигнала. На основу ове табеле се може растумачити који статус има одређени сигнал.

Диоде означавају стање сигнала и значење је апсолутно исто као и код приказа улазних сигнала што је описано у претходном поглављу.

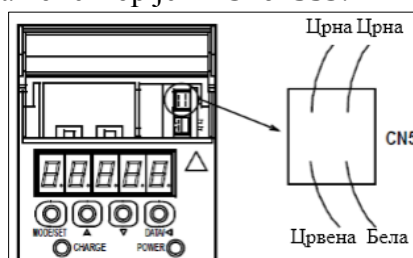


Слика 30. Сигнал првог терминала је 24 V[5]

На слици 30 је приказан изглед приказа када је излазни напон првог терминала 24V и у том тренутку је стање приказаног сигнала OFF. Стање излазних сигнала који се могу видети на приказу, могу се и физички измерити на терминалима који су дати у табели 13. Као и код улазних сигнала горњи ред приказа означава да је стање искључено, а доњи ред да је стање укључено.

3.5. Аналогни приказ вредности

Поред контролне табле вредности појединих физичких величина могу се очитати и са аналогног напонског конектора CN5. Са овог конектора се могу очитати вредности у променљивом напонском облику. Кабал који је потребно користити како би се мерни уређаји исправно повезали на конектор је DE9404559.



Слика 31. Положај и распоред контаката на конектору CN5[5]

На слици 31 је могуће видети положај конектора на серво појачавачу и распоред контаката на конектору. Са слике је могуће видети да се на конектору налазе четири контакта и да су раздвојени по бојама и да се са њих могу очитати вредности које су везане за тренутно стање мотора.

Табела 14. Опис контакта на конектору

Боја кабла	Име сигнала	Опис
Бела	Аналогни приказ 1	Референтни момент: 1V/100% номиналног момента
Црвена	Аналогни приказ 2	Брзина мотора: 1V/1000 rpm
Црна	GND (0 V)	-

Из табеле 14 се може видети назив и улога контаката који су обележени различитим бојама као и однос напона и физичке величине која се очитава на датом контакту. Поред вредности физичких величина које су описане у табели са контакта је могуће очитавати и друге физичке величине.

Када је потребно прочитати на аналогном приказу 1 или 2 неку другу вредност, потребно је извршити промену параметра који дефинише величину која се приказује. Аналогни приказ 1 се подешава променом параметра Pn003.0, а аналогни приказ 2 се подешава променом параметра Pn003.1 и фабричка вредност параметра Pn003.0 је 2, а параметра Pn003.1 је 0.

Табела 15. Физичке величине које се читавају у зависности од параметра[5]

Вредност параметра Pn003.0 и Pn003.1	Опис	
	Сигнал који се приказује	Однос напона и физичке величине
0	Брзина мотора	1 V/1000 rpm
1	Референтна брзина	1 V/1000 rpm
2	Референтни момент	1 V/100% номинални момент
3	Грешка позиције	0.05 V/1 по референтној јединици
4	Грешка позиције	0.05 V/100 референтних јединица
5	Референтна фреквенција пулса (изражена у rpm)	1 V/1000 rpm
6	Брзина мотора	1 V/250 rpm
7	Брзина мотора	1 V/125 rpm
8-E	Резервисани сигнали	-

У табели 15 се могу видети физичке величине које се читавају за одређене вредности параметра као и однос између физичке величине и напона на контакту. Такође се може уочити да је могуће са оба контакта читавати потпуно исту вредност али то није практично и нема велику примену. Брзина мотора се може пратити у три преносна односа, и то је врло корисно из разлога ако је реч о вредностима брзина које су у великом опсегу. Током рада је су коришћене фабричке вредности параметра и читавање су вредности брзине и тренутног оствареног момента.

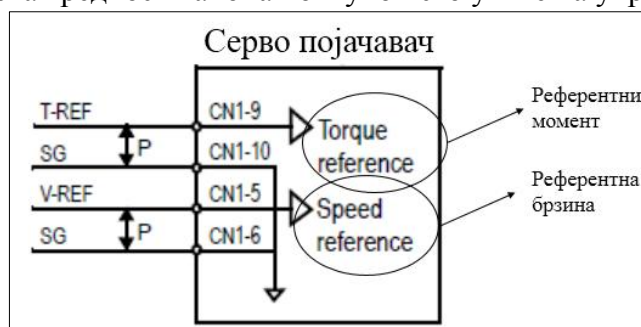
4. Повезивање са спољашњим контролером и врсте управљања

У овом одељку ће бити описан начин повезивања серво појачавача са спољашњим контролером укључујући и објашњење за постављање параметара који су неопходни за коректан рад серво појачавача као и избор начина управљања. У овом одељку ће бити описана четири начина управљања радом мотора са комплентним шемама повезивања и са исписаним вредностима параметара. Управљања радом мотора која ће бити описана су:

- Управљање брзине
- Управљање момента
- Избор брзине
- Управљање пулсом

4.1. Управљање брзине

Управљање брзине окретања мотора се врши задавањем референтне брзине у облику напона на улаз терминала за референтну брзину (Speed Reference Input). Како би се постигло окретање мотора задатом брзином неопходно је на терминал за референтни момент довести напон од најмање 0.7 V. Ова вредност напона је утврђена експериментално, већа вредност напона потпуно исто утиче на управљање.



Слика 32. Повезивање референтне брзине и референтног момента[5]

На слици 32 су приказани терминали на које је неопходно довести референтни напон, односно референтни момент и референтну брзину. SG на слици представља терминал нултог потенцијала "Ground". P представља да је препоручено као ожичење користити пар упредених парица.

Како би овако повезан систем функционисао као управљање брзине серво мотора неопходно је параметар Pn000.1 поставити да има вредност 0,4,7,9, или A.

Брзина мотора је пропорционална референтном напону који је доведен на терминала за референтну брзину. Како би смо знали која је постављена брзина као референтна брзина потребно је подесити параметар Pn300. Овај параметар означава колики је напон једнак максималном броју обртаја мотора. Фабрички је овај параметар постављен на вредност 600 што означава да је напон од 6 V сразмеран максималном броју обртаја мотора. Зависност параметра Pn300 и референтног напона је $\cdot 100$.

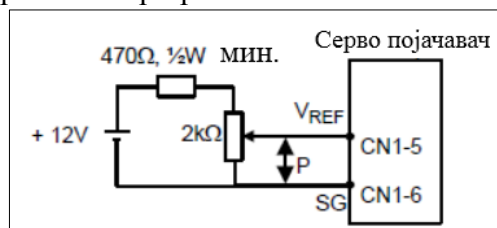
Како би се лакше разумео однос брзине и референтног напона у наставку ће бити приказана табела са референтним напонима и брзином обртања мотора.

Табела 16. Пример брзине мотора у зависности од улазног референтног напона [5]

Улазна референтна брзина	Правац обртања	Брзина мотора	Број обртаја мотора
+6 V	Напред	Максимална брзина	3000 rpm
+1 V	Напред	1/6 максималне брзине	500 rpm
-3 V	Назад	1/2 максималне брзина	1500 rpm

У табели 16 је могуће прочитати и из ње закључити зависност промене брзине серво мотора у односу на референтни улазни напон са спољашњег контролера.

Поред коришћења спољашњег контролера могуће је користити и спољашњи извор напајања и потенциометар као извор променљивог напона.



Слика 33. Реализација референтне брзине уз помоћ спољашњег извора напајања[5]

Са слике 33 се може уочити да је могуће користити и спољашњи извор напајања као извор референтне брзине. Такође се може уочити да је потребно користити отпорник као разделник напона. Терминали на које се доводи напон са спољашњег извора напајања је потпуно исти као и када се користи спољашњи контролер.

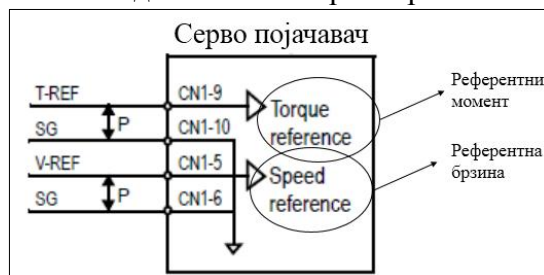
Максималан дозвољени напон који се може користити као референтни улаз брзине јесте ± 12 V.

4.2. Управљање момента

Управљање момента који остварује серво мотор при свом обртању или мировању задаје се помоћу референтног улаза момента (Torque reference input) и то довођењем напона између терминала T-REF и SG[5].

Када је мотор у стању мировања промена момента се може уочити само покушајем ручног обртања вратила мотора у неку страну, и на тај начин може се осетити супротстављање мотора том принудном обртању мањим или већим интензитетом зависно од величине задатог момента. А када се врши обртање мотора неком брзином могуће је осетити промену момента такође руком при покушају заустављања мотора. При малим вредностима момента мотор је могуће зауставити у потпуности, а при већим вредностима момента, руком није могуће чак ни утицати на брзину окретања серво мотора.

Брзина којом се окреће мотор при управљању моментом се може задавати помоћу улазне референтне брзине или подешавањем параметра.



Слика 34. Начин задавања референтног момента и референтне брзине на серво појачавач[5]

На слици 34 се може видети начин задавања референтног момента и референтне брзине, односно начин постављања ожичења. Може се приметити да је ожичење потпуно исто као и при управљању брзином и да SG на слици представља терминал нултог потенцијала “Ground“, а P представља да је препоручено као ожичење користити пар упредених парица.

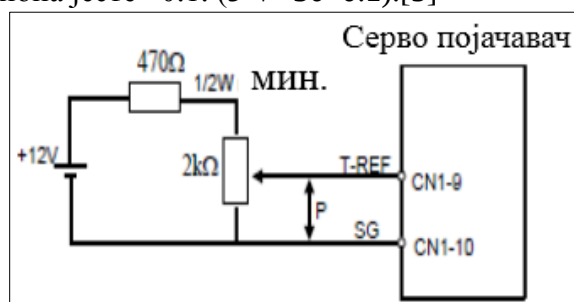
Карактеристика управљаног момента је пропорционална управљачком напону који се доводи на серво појачавач између терминала T-REF и SG.

Параметар који дефинише зависност улазног напона и оствареног момента на вратилу серво мотора јесте Pn400. Фабричка вредност параметра је 30 ($Pn400=30$).

Табела 17. Зависност референтног улазног момента од оствареног момента на вратилу мотора[5]

T-REF – SG (V)	Резултујући моменат на вратилу
+3	100% од укупног момента при окретању напред
+9	300% од укупног момента при окретању напред
-0.3	10% од укупног момента при окретању у назад

Параметар Pn400, као што је већ поменуто, фабрички је постављен на вредност 30, а његов ранг је од 10 до 100. Овај параметар представља зависност референтног улаза момента и вредности момента која се задаје мотору. Ако је параметар постављен на фабричку вредност ($Pn400=30$), то значи да је при улазном референтном моменту од 3V вредност момента на мотору је постављена на 100%. Повећавањем овог параметра потребан напон за достизање вредности од 100% момента је потребно повећати. Однос између параметра и напона јесте $*0.1$. ($3V=30*0.1$).[5]



Слика 35. Реализација референтног момента уз помоћ спољашњег извора напајања[5]

Са слике 35 се може уочити да је могуће користити и спољашњи извор напајања као извор референтног момента. Такође се може уочити да је потребно користити отпорник као разделник напона. Терминали на које се доводи напон са спољашњег извора напајања је потпуно исти као и када се користи спољашњи контролер.

Вредност брзине при управљању моментом могуће је задавати на два начина:

- Интерно, задавањем брзине, уписивањем вредности помоћу параметара серво појачавача
- помоћу спољашњег контролера, где се брзина задаје коришћењем терминала за референтни улаз брзине.

Избор једног од ова два начина се врши постављањем параметра Pn002.1 на одговарајућу вредност.

Табела 18. Избор начина уписа референтне брзине коришћењем параметра Pn002.1[5]

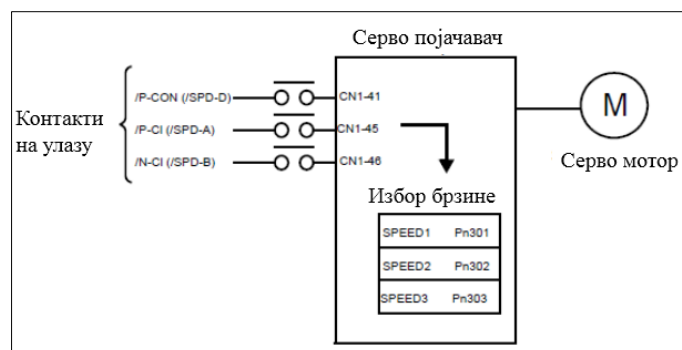
Вредност параметра Pn002.1	Опис
0	Користи се интерно задавање брзине уписивањем вредности жељене брзине у параметар Pn407
1	Користи се спољашњи контролер за задавање референтне брзине где се напон доводи на терминал V-REF и вредност брзине ограничава параметром Pn300, потпуно исто као код управљања брзином.

У табели 18 је приказано да се за вредност параметра Pn002.1, када је једнак 0 као референтна брзина, узима вредност уписана у параметар Pn407, а када је вредност параметра 1 да се тада користи референтна брзина која се задаје помоћу спољашњег контролера.

Параметар Pn407 се користи како би се поставила вредност брзине када је изабрано управљање момента, такође улога овог параметра је и да заштити опрему током овог начина управљања. Ранг овог параметра је од 0 до 10 000, а фабрички постављена вредност је 10 000.

4.3. Селективно управљање брзина

Овакав вид управљања обезбеђује врло лак начин управљања, јер омогућава да се поставе три различите вредности брзине мотора коришћењем параметра и да се врши избор једне од њих коришћењем прекидача који су постављени на улазе серво појачавача.



Слика 36.Шематски приказ селективног управљања брзином[5]

На слици 36 је приказано који се контакти користе за избор брзине и да се комбинацијом контаката могу изабрати једна од три задате брзине које су уписане у параметре, а да серво појачавач изабрану брзину реализује на серво мотор. Терминали који се користе за избор брзине и на које се повезују прекидачи су /P-CON, P/CL и /N-CL. Стање 0 је на улазу серво појачавача када на терминал није доведен никакав напон (када је терминал раскачен), а стање 1 је када је терминал повезана на ниво нултог потенцијала или 0 V.

Да би се остварио овакав начин управљања потребно је прво изабрати параметар који омогућава овакав вид управљања. Параметар Pn000.1 је потребно поставити на вредност 3,4,5,или 6 и на тај начин је изабран селективни начин управљања.

Табела 19. Избор параметара и вредност брзине у зависности од улаза[5]

Параметар Pn000.1	Опис	Улазни сигнал			
		/P-CON (/SPD-D)	/P-CL (/SPD-A)	/N-CL (/SPD-B)	Брзина
3,4,5,6	Селективно управљање брзине,	Правац обртања 0:Напред 1:Назад	0	0	***
			0	1	SPEED 1 (Pn301)
			1	1	SPEED 2 (Pn302)
			1	0	SPEED 3 (Pn303)

У табели 19 је приказано да при избору параметра Pn000.1 и постављању његове вредности на 3,4,5,или 6 вршимо избор селективног управљања, а да комбинацијом улазних сигнала на које се доводи 0 или 1 вршимо избор брзине и правац обртања мотора. У табели се може видети да при улазном сигналу /P-CL који је постављен на 0 и ако је /N-CL постављен на 1, мотор се okreће брзином која је дефинисана параметром Pn301. Ако је /P-CL постављен на 1 и сигнал /N-CL постављен на 1, брзина мотора је дефинисана параметром Pn302, а када је сигнал /P-CL постављен на 1 и сигнал /N-CL постављен на 0, мотор се обрће брзином дефинисаном параметром Pn303. Као што се може видети из табеле могуће је вршити избор смера обртања мотора тако што се сигнал /P-CON поставља на вредност 1 или 0.

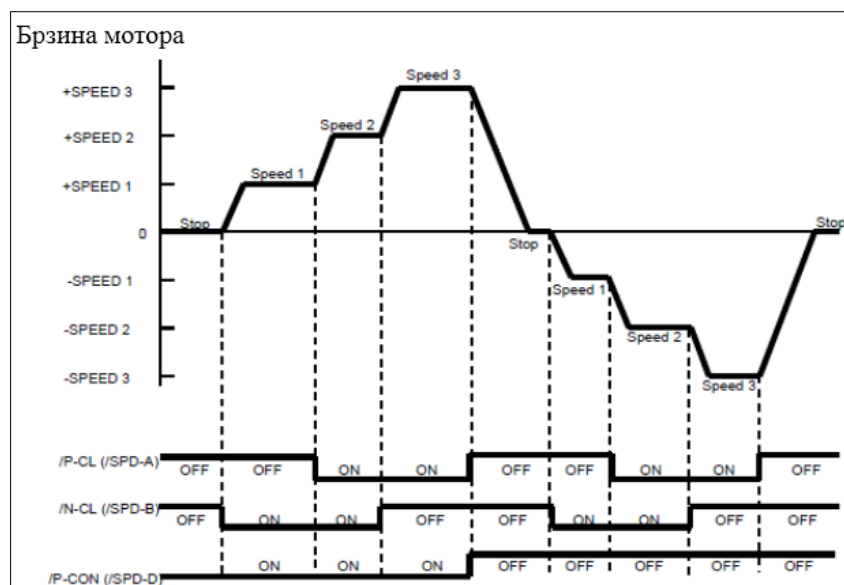
Параметри Pn301, Pn302 и Pn303 имају ранг од 0 до 10 000 и вредност за сваки од ових параметра се поставља да буде различита јер је сврха овог управљања да се врло лако промени брзина мотора.

Када се оба два сигнала, /P-CL и /N-CL, поставе на вредност 0, мотор је заустављен или се прелази на неки други облик управљања зависно од вредности параметра Pn000.1. Ако се прелази на други вид управљања мотор наставља своје обртање под условима тог другог управљања.

Табела 20. Вредност брзине када су улазни сигнали једнаки 0[5]

Параметар Pn000.1	Брзина мотора је:
3	Мотор је заустављен
4	Референтни улаз брзине дефинише брзину
5	Референтни пулсни улаз брзине дефинише брзину
6	Референтни улаз момента дефинише брзину

У табели 20 је приказан вид управљања којим се управља мотором у треутку када су улазни сигнали /P-CL и /N-CL једнаки 0 зависно од вредности параметра Pn000.1, и под којим законитостима се врши обртање мотора.



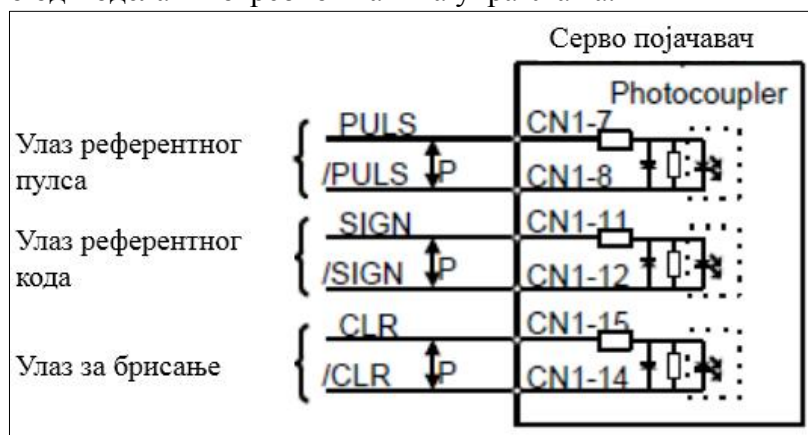
Слика 37. Зависност брзине од улазних сигнала[5]

На слици 37 се могу видети два дијаграма, на горњем је приказана промена брзине, а на доњем је приказано стање сигнала на улазима. Горњи дијаграма, дијаграм брзине је у зависности од стања сигнала на улазу. Могуће је испратити и тачно видети тренутке у којима сигнали мењају своје стање и да се у баш тим тренутцима дешавају промене брзине. Такође је могуће видети да се при промени сигнала /P-CON са 1 на 0, мења смер обртања мотора.

Поред промена брзине на слици 34 је могуће приметити да промена брзине није усправна линија већ да је рампа. Рампа убрзања и успорења се може дефинисати параметрима Pn305 и Pn306, али то није коришћено током израде овог рада.

4.4. Управљање позиције

Позицијом серво мотора је могуће управљати коришћењем три различита терминала: улаз референтног пулса, улаз референтног кода и улаз за брисање. Коришћењем ова три терминала могуће је управљати позицијом на више различитих начина, зависно од модела и потребног начина управљања.



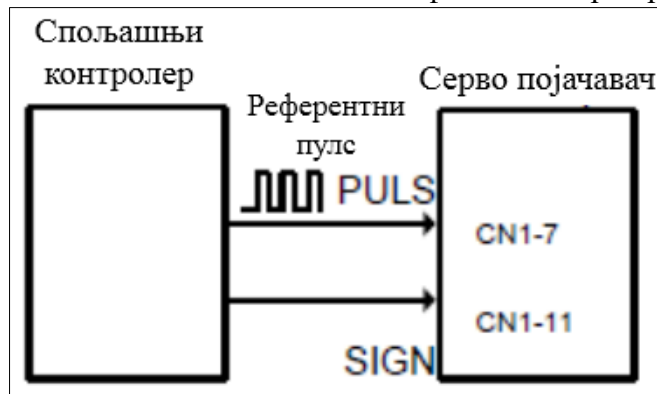
Слика 38. Терминали који се могу користити за управљање позиције[5]

На слици 38 су прилазани терминали који се могу користити при управљању позицијом и на које се доводи управљачки сигнал. Зависно од типа управљања поједини

терминали се користе, а поједини остају слободни. Такође је могуће, уочити и да је препорука произвођача да се као водови користе парови упредених парица.

За управљање позиције је неопходан сигнал у облику поворке пулсева који је потребан за обртање мотора. Фреквенција сигнала дефинише брзину обртања серво мотора и сама брзина је пропорционална фреквенцији.

Параметар којим се дефинише метод управљања јесте Pn200.0, и његова вредност може бити између 0 и 9, све вредности параметра се односе на методе управљања позицијом. Метода која је коришћена у току израде овог рада јесте, при вредности параметра Pn200.0=0. При овој методи на терминал PULS (CN1-7) се доводи поворка пулсева и њоме се дефинише брзина обртања мотора, док се на терминал SIGN(CN1-11) доводи сигнал 0 или 1 и њиме се дефинише смер обртања мотора.[5]



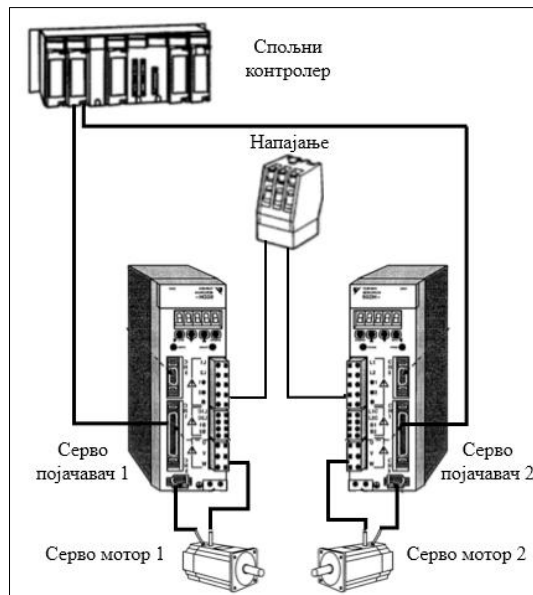
Слика 39. Позиционо управљање коришћењем спољашњег контролера[5]

На слици 39 је приказан начин повезивања спољашњег контролера и серво појачавача при позиционом управљању са означеним терминалима и врстом сигнала који се користе при управљању. Са спољашњег контролера се шаље поворка сигнала која дефинише брзину обртања мотора, а други сигнал се користи за дефинисање смера обртања серво мотора. Када је сигнал који се доводи на терминал SIGN повезан на 0 V мотор се обрће у напред, а када је раскачен мотор се обрће у назад.

У току израде овог рада коришћен је овај метод управљања али у сврху управљања брзином мотора тако што је вршена промена фреквенције управљачког сигнала, поворке пулсева.

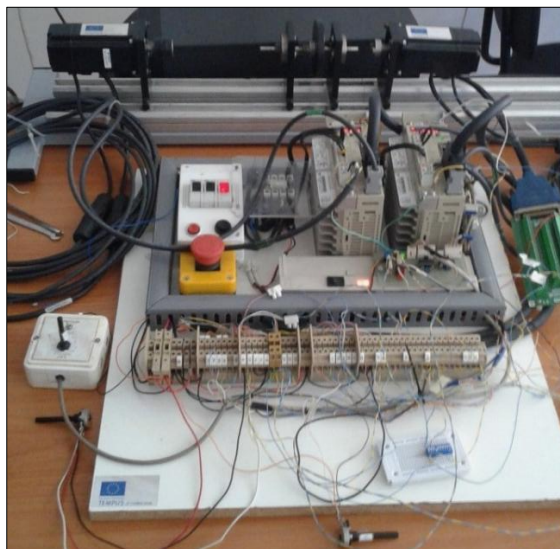
5. Опис лабораторијског модела

Лабораторијски модел који је коришћен и испитиван у току овог рада се састоји од два серво појачавача и два серво мотора која су независна један од другог. Практично у лабораторијском моделу имамо два независна система серво појачавач – серво мотор. Заједничко за ова два система јесте потпуно исто мрежно напајање и спољашњи контролер којим се управља овим системима. Спољашњи контролер је исти али је управљање различито.



Слика 40. Шематски приказ лабораторијског модела[5]

На слици 40 је приказана скица лабораторијског модела са његовим најважнијим елементима. Може се уочити са слике да серво појачавачи користе потпуно исто мрежно напајање и да се управљање врши потпуно истим спољашњим контролером, а да они врше управљање потпуно независно и са два независна серво мотора. Може се уочити да постоји граница између ова два система тачније два подсистема лабораторијског модела. Први серво појачавач управља серво мотором 1, а други серво појачавач другим мотором.



Слика 41. Лабораторијски модел

На слици 41 је приказан лабораторијски систем који је повезан у функционалну целину и на коме је могуће вршити испитивања. На овом систему су вршена сва испитивања у току израде овог рада.

Мотори су потпуно истих карактеристика и од произвођача Yaskawa OMRON и њихова ознака је SGMAH-04A1A61D-OY. Серво појачавачи су такође од произвођача Yaskawa OMRON, а модел је SGDH-04AE-OY. Коришћени серво мотори и серво појачавачи су део опреме SIGMA II Series SERVOS.

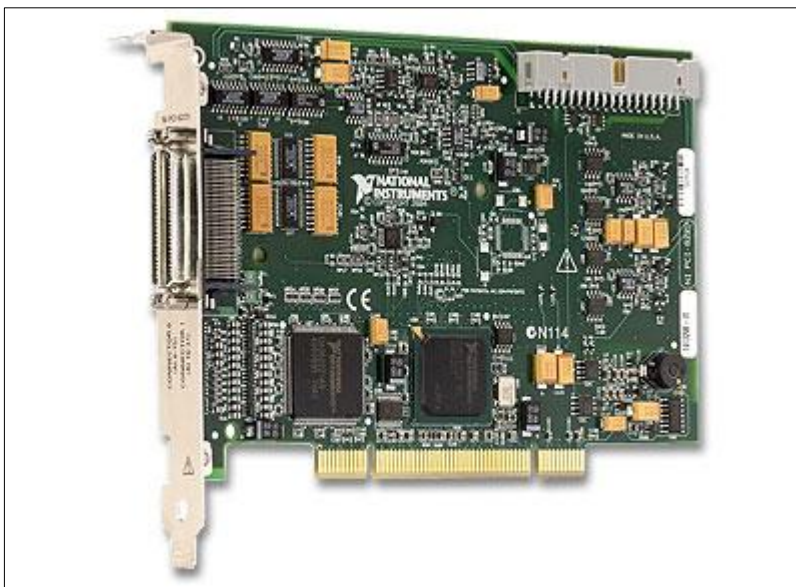
Спољашњи контролер који је коришћен за управљање серво појачавачима јесте NI 9226-PCI карта која је уграђена у PC рачунар, а као прикључна плоча и веза између контролера и модела је коришћена плоча CB-68LPR са терминалима који представљају улазе и излазе.

Поред ових главних елемената модела коришћени су и други елементи као што су осигурачи за мрежно напајање, коло за стабилизацију напона на 24 V једносмерне струје, склопка за покретање серво појачавача, заштитно коло за плочу и коло за прикупљање сигнала са енкодера.

5.1. NI 6229 PCI плоча за аквизицију сигнала

NI 6229 PCI плоча је један од производа компаније National Instruments и она спада у групу аналого-дигиталних конвертера. Ова плоча спада у производе М серије који се одликују до пет пута већим брзинама одабира и до четири пута већом резолуцијом у односу на предходне серије.

У самом називу ове плоче стоји скраћеница PCI, што означава да се комуникација плоче и рачунара одвија помоћу PCI терминала који се налази на матичној плочи рачунара. Тачније ову плочу је неопходно уградити у рачунар као његов саставни део, а комуникација плоче са другим системима се обавља путем два канала које ова плоча садржи.



Слика 42. Изглед NI 6229 PCI плоче [11]

На слици 42 је приказана плоча која се користи за прикупљање и обраду сигнала. Са доње стране плоче се јасно може уочити магистрала за повезивање плоче и матичне плоче рачунара (PCI slot), а са леве стране слике се могу видети два канала за повезивање са спољашњим системима која садрже терминале са одређеним функцијама.

NI 6229 PCI плоча садржи 32 аналогна улаза, 4 аналогна излаза, 48 дигиталних улаза или излаза зависно од конфигурације корисника, 1 генератор фреквенције и 32 генератора сигнала.[9]

- Аналогни улази

Табела 21. Карактеристике аналогних улаза[9]

Број канала	32 канала
Резолуција	16 bit-a
Одабир једног канала	250kS/s ¹
Одабир више канала	250kS/s ²
Врста улазног сигнала	DC
Максимални улазни напон	11 V
Максимална струја	±20 mA

У табели 21 се могу прочитати карактеристике канала аналогних улаза и могуће је на основу њих утврдити услове при којима се могу користити.

- Аналогни излази

Табела 22. Карактеристике аналогних излаза[9]

Број канала	4 канала
Резолуција	16 bit-a
Одабир једног канала	833 kS/s
Одабир два канала	740 kS/s по каналу
Одабир три канала	666 kS/s по каналу
Одабир четири канала	625 kS/s по каналу
Излазни ранг	±10 V
Врста излазног сигнала	DC
Излазна импеданса	0.2 Ω

У табели 22 се могу прочитати карактеристике излазних аналогних канала, њихове максималне излазне вредности и на основу ове табеле се може донети одлука где је могуће применити ове излазне сигнале.

- Дигитални улази и излази

Дигитални улази и излази могу бити сви терминали означени са P0, PFI(P1 и P2), о томе да ли ће терминал бити дигитални улаз или излаз одлучује сам корисник.

Табела 23. Карактеристике дигиталних улаза и дигиталних излаза[9]

Број канала	48 канала, 32 (P0. <0...31>), 16 (PFI <0..7>/P1, PFI <8..15>/P2)
Ниво нултог потенцијала	D GND
Pull-down отпорник	50 kΩ, минимум 20 kΩ
Максимални улазни напон	±20 V

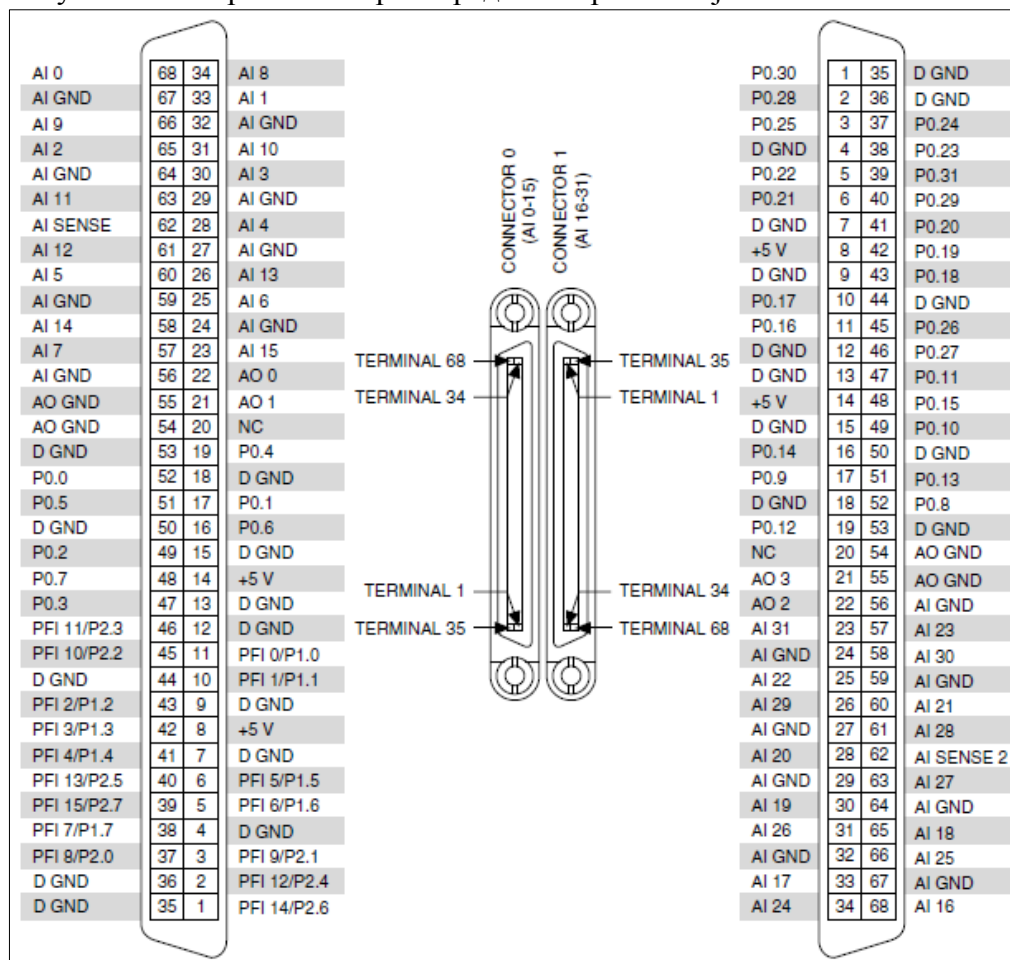
У табели 23 су описане карактеристике дигиталних улаза и излаза као и бројеви канала који се користе као дигитални улази или излази зависно од жеље и потребе корисника. У табели се такође може видети да постоји три подељене групе контакта P0, P1 и P2 које се могу користити као дигитални улази или излази. Подела је извршена из

¹ kS/s – 1000 eng. samples per second, хиљаду одабира по секунди

² Када се врши аквизиција на више од једног канала, максимални број одабира се дели на онај број канала који је у функцији и тада је вредност одабира сваког канала мања од максималне вредности. Ако је у функцији пет канала, вредност одабира по каналу износи 50 kS/s.

разлога што је контакте из групе P0 могуће користити и као генераторе сигнала, док је контакте P1 и P2, могуће користити још и као временске улазе и временске излазе.

Како је напоменуто на почетку овог поглавља ова плоча садржи два канала за повезивање са спољашњим системима, конектор 0 и конектор 1. Обадва канала садрже по 68 потпуно истих терминала и распоред тих терминала је исти.



Слика 43. Распоред терминала на конекторима [9]

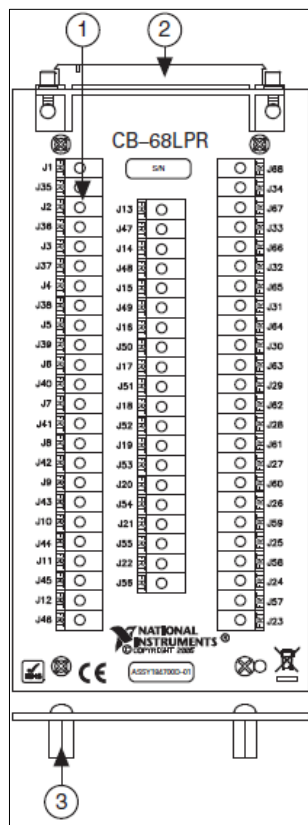
На слици 43 је могуће видети распоред свих терминала на обадва канала коју садржи плоча за прикупљање сигнала. Поред напоменутих терминала улаза и излаза, на оба конектора се налазе по два терминала са константних 5 V DC напона и по један не искоришћен терминал (NC).

Када је речено да је распоред терминала на оба конектора исти, мислило се да је на првој позицији првог контактора дигитални улаз, и да се на првом терминалу на истој позицији налази дигитални улаз. Исто тако на позицији 14 првог контактора се налази константан напон од 5 V, на другом каналу је потпуно иста ситуација. Ознаке и редни број је различит али је функција иста, и када желимо да позовемо одређену физичку вредност са улаза или да неку вредност пошаљемо на излаз, потребно је добро погледати на ком се конектору налази жељена вредност.

5.2. Прикључна плоча CB-68LPR

Прикључна плоча CB-68LPR је помоћна плоча са 68 терминала са завртњима за повезивање NI плоча са 68 терминала и спољашњих система. Како NI 6229 PCI плоча

има 68 терминала на једном каналу, неопходна је по једна прикључна плоча за сваки од канала.



Слика 44. Изглед прикључне плоче CB-68LPR, (1) терминали са завртњима, (2) конектор за повезивање са NI уређајима, (3) ножице за ослањање[10]

На слици 44 је приказана прикључна плоча са својим главним деловима и сваки од тих делова је назначен бројем. Плоча сама по себи има функцију преноса сигнала са конектора који садржи 68 терминала до сваког појединачног терминала са завртњем и то по тачном редоследу.

NI плоче које садрже по 68 терминала и прикључна плоча, повезују се уз помоћ кабла који на оба своја краја има специјалне конекторе.



Слика 45. Кабал SHC68-68-EPМ за повезивање прикључне плоче и NI плоче[12]

На слици 45 је приказан кабл који је коришћен за повезивање NI 6229 PCI плоче и прикључне плоче CB-68LPR. Као што се може видети на слици, конектори на једном и

другом крају кабла су различити и један крај (метални) је могуће повезати само на прикључну плочу, док се други крај (плави пластични) се повезује на друге плоче.

5.3. Ожичење терминала серво појачавача

Да би се обезбедио нормалан рад серво појачавача и могућност управљања моторима, потребно је повезати терминале серво појачавача на добар и прописан начин.

У наставку ће бити детаљно описан поступак ожичења терминала серво појачавача и врло је битно поменути да су обадва серво појачавача ожичена на потпуно исти начин.

Први терминал који је потребно повезати јесте терминал за спољашњи напон од 24 V. Терминал под називом +24 V IN је потребно повезати на спољашњи извор напајања од 24 V једносмерне струје. Жица која представља овај терминал је наранџаста и обележена са четири црвене тачке. Број терминала је CN1-47.

Затим је потребно неколико терминала повезати на ниво нултог потенцијала спољашњег извора напајања. Прво је потребно терминал SG који представља ниво нултог потенцијала серво појачавача повезати на ниво нултог потенцијала спољашњег извора напајања. Жица је жуте боје и обележена је са четири црне тачке, а број терминала је CN1-1.

Након тога је потребно повезати терминала /S-ON којим се обезбеђује рад серво појачавача на ниво нултог потенцијала спољашњег извора напајања. Серво појачавач се сматра укљученим када је повезан на мрежни напон, али управљање је могуће вршити само када је овај терминал повезан на ниво нултог потенцијала спољашњег извора напајања. Боја жице овог терминала је розе, обележена са три тачке, а број терминала је CN1-40.

Како би се омогућило обртање мотора у оба смера без ограничења, потребно је терминале којима се спречава обртање у једну и другу страну повезати на ниво нултог потенцијала спољашњег извора напајања. Терминал /P-OT са бројем CN1-42, забрањује обртање мотора у напред, а жица је наранџасте боје обележена са четири црвене тачке. Док је терминал /N-OT са бројем CN1-43, забрањује обртање мотора у назад, и жица за повезивање је наранџасте боје обележена са четири црне тачке. Оба терминала је потребно повезати на ниво нултог потенцијала како би било омогућено обртање мотора у обе стране.

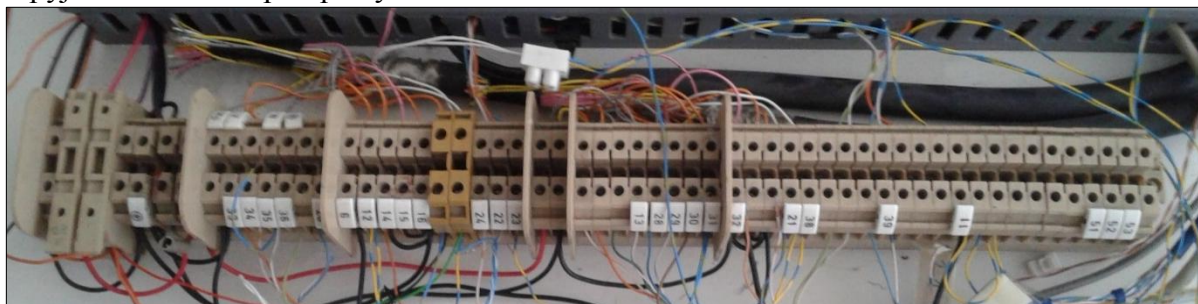
Када се до сада поменути терминали повежу на описан начин, могуће је извршити управљање мотора без икаквог проблема и на начин који корисник жели. У наставку овог поглавља биће описани терминали који су често коришћени у току израде овог рада.

Терминали који се користе за задавање референтне брзине, тачније терминали између којих се доводи напон којим се задаје вредност референтне брзине су /V-REF и SG. На терминал /V-REF се доводи + напона којим се задаје референтна брзина, а на терминал SG - напона којим се задаје референтна брзина. Број терминала /V-REF је CN1-5, а боја жице је наранџаста обележена са једном црвеном тачком. Број терминала SG је CN1-6, а боја жице је наранџаста обележена са једном црном тачком.

Терминали између којих се задаје референтни момент су терминали /T-REF и SG, са бројем CN1-9 и CN1-10. На терминал /T-REF се доводи + напона којим се дефинише референтни момент, а на терминал SG се доводи – напона којим се дефинише референтни момент. Боја жице која је повезана на терминал /T-REF је бела обележена са једном црвеном тачком, а жица терминала SG је беле боје обележена са једном црном тачком.

Када се врши селективно управљање брзине потребно је три терминала повезати преко прекидача на ниво нултог потенцијала целокупног система. Први терминал којим се одређује смер обртања серво мотора је /P-CON са бројем CN1-41 и бојом жице розе са

три црне тачке. Овај терминал се само код ове врсте управљања користи за промену смера обртања мотора, овај терминал се користи за одређивање вредности П дејства серво појачавача. Други терминал којим се врши избор брзине обртања мотора је /P-CL са бројем CN1-45 и боја жице је бела обележена са четири црвене тачке. Овај терминал се само код овог управљања користи за избор брзине, када је само он повезан на ниво нултог потенцијала, мотор се обрће најмањом дефинисаном брзином за ово управљање. Код свих осталих управљања овај терминал се користи за ограничавање струје, када се мотор обрће у напред. Последњи терминал којим се такође врши избор брзине обртања мотора је /N-CL са бројем CN1-46, а боја жице је бела обележена са четири црне тачке. Овај терминал се само код овог управљања користи за избор брзине, када је само он повезан на ниво нултог потенцијала, мотор се обрће највећом дефинисаном брзином за ово управљање. Код свих осталих управљања овај терминал се користи за ограничавање струје када се мотор обрће у назад.



Слика 46. Допунски терминали

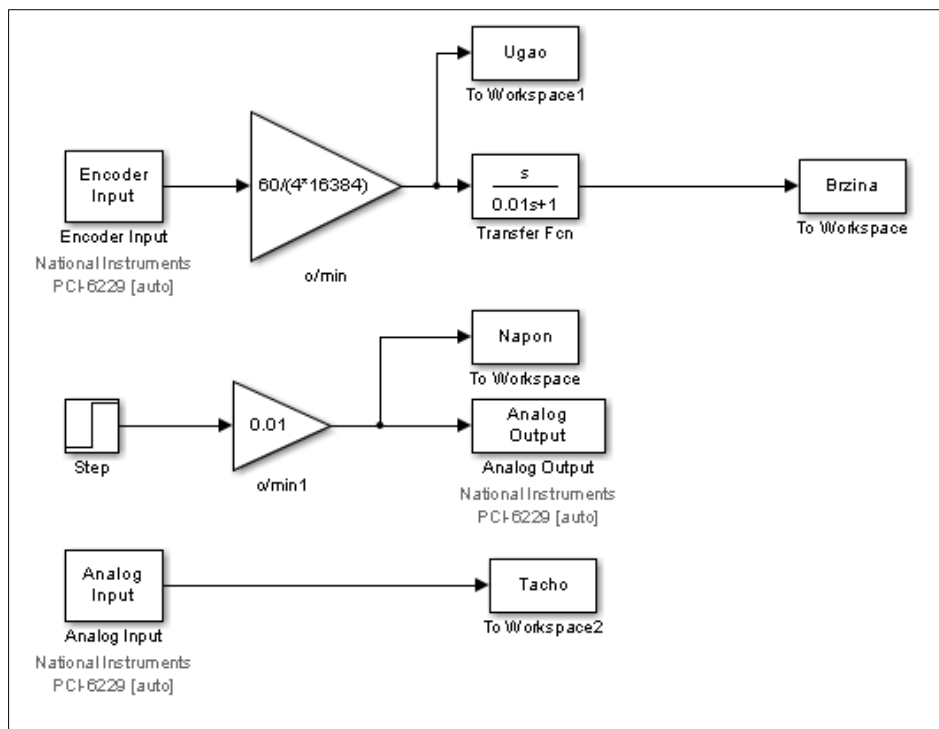
На слици 46 су приказани допунски терминали који се користе како би се практичније и једноставније повезивали терминали са конектора CN1 серво појачавача и конектори других елемената лабораторијског система, најчешће спољашњег контролера. Једноставност ових допунских терминала се огледа у томе што се са једне и са друге стране налазе контакти са завртњем који су кратко спојени. На једну страну овог терминала се доводи жица са серво појачавача, а са друге стране се поставља друга жица која се повезује на спољашњи контролер. На овај начин се сигнал са серво појачавача шаље на спољашњи контролер преко допунског терминала без икаквих губитака у квалитету сигнала, али је врло практично, јер је могуће на врло леп начин организовати жице које се користе за међусобно повезивање и размену сигнала.

На слици се може видети више десетина допунских терминала, и он су распоређени тако да су са десне стране прво доведени напони спољашњег извора напајања од 24 V и 5 V, ниво нултог потенцијала, па су онда повезивани редом терминали са једног и другог серво појачавача који су коришћени у току израде рада.

5.4. Идентификација мотора

Векторски контролисани асинхрони мотор, у коју групу спада и мотор који је коришћен у овом лабораторијском систему (Yaskawa OMRON SGMAH-04A1A61D-OY), се по регулационим карактеристикама може изједначити са мотором једносмерне струје, односно има независну контролу роторског флукса и електромагнетног момента, па се могу променити преносне функције којима се описује једносмерни мотор.[4]

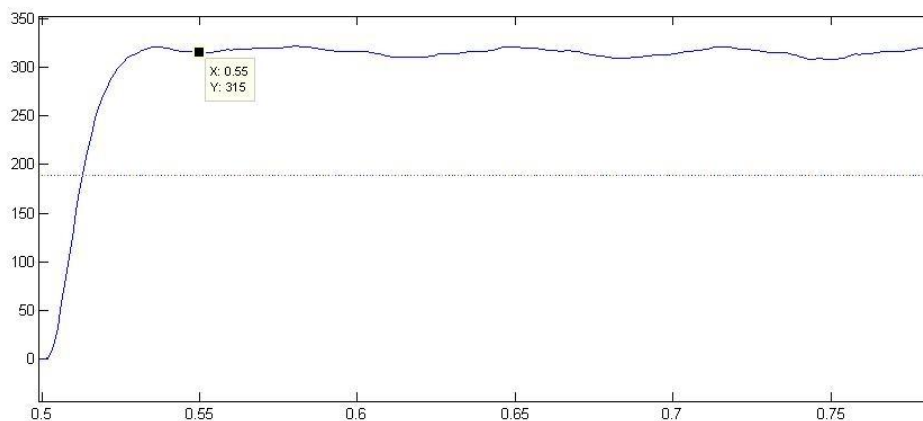
Примарни циљ идентификације је био да се одреди модел самог мотора, без икаквог оптерећења или додатних модула и то је урађено коришћењем јединичне одскочне функције (step). [4]



Слика 47. Модел на основу ког је вршена идентификација[4]

На слици 47 је приказан модел на основу ког је извршена идентификација система, а модел је израђен у програмском пакету Matlab, коришћењем под програма Simulink.

С обзиром да је максимална брзина мотора 3000 о/мин, на основу препоруке [5] идентификација је рађена при брзини од 10% номиналне, односно 300 о/мин. Интервал узорковања је $T_u=0.001\text{s}$.

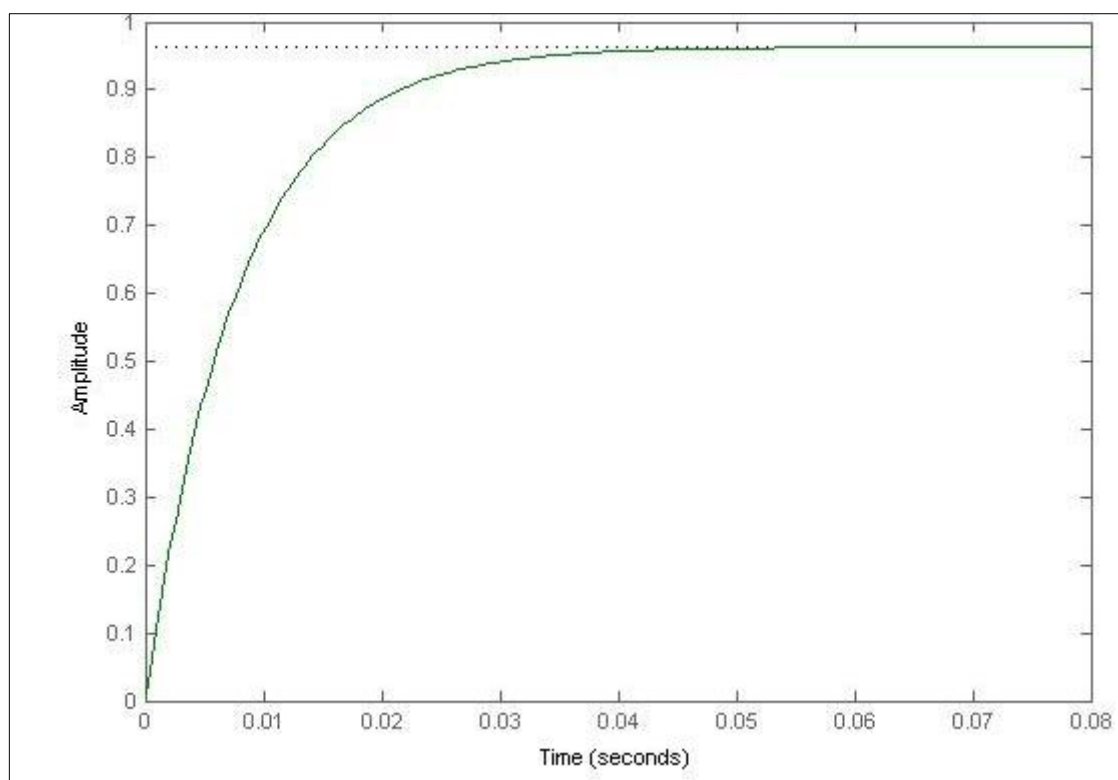


Слика 48. Одзив система[4]

На слици 48 је приказан одзив система и на слици се може уочити одзив мотора на задату јединичну одскочну функцију.

За идентификацију је коришћен Matlab-ов алат System Identification Toolbox.

Мотор је моделиран системом првог реда са временом узорковања од 0.001s и добијена је функција са временском константом од 0.011 до 0.013 из разлога што је идентификација рађена више пута. [4]



Слика 49. Јединични одскачни одзив система[4]

На слици 49 одзив система на јединичну одскачну функцију где се може приметити слагање добијене временске константе рачунски и графички.

6. Снимање понашања лабораторијског система при различитим начинима управљања

У предходном делу рада су описани начни управљања које је могуће остварити када се користе елементи описаног лабораторијског система. Снимање понашања овог система је вршено приликом управљања на следеће начине:

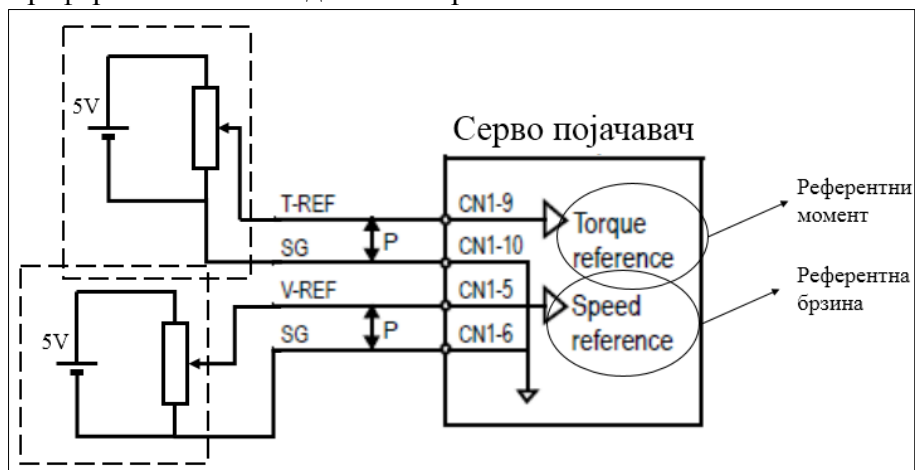
- Управљање једним мотором задавањем референтне брзине
- Управљање са два мотора задавањем референтне брзине
- Управљање мотора задавањем референтног момента
- Управљање мотора избором константне брзине
- Управљање мотора помоћу спољашњег контролера

Задавање референтних брзина и момената је вршено помоћу потенциометра који су напајани са 5 V, а њихови излази са клизача су повезивани на терминале за референтне улазе. Када је вршено управљање помоћу спољашњег контролера, контролер којим је вршено управљање је онај описани у предходном поглављу.

6.1. Управљање једним мотором задавањем референтне брзине

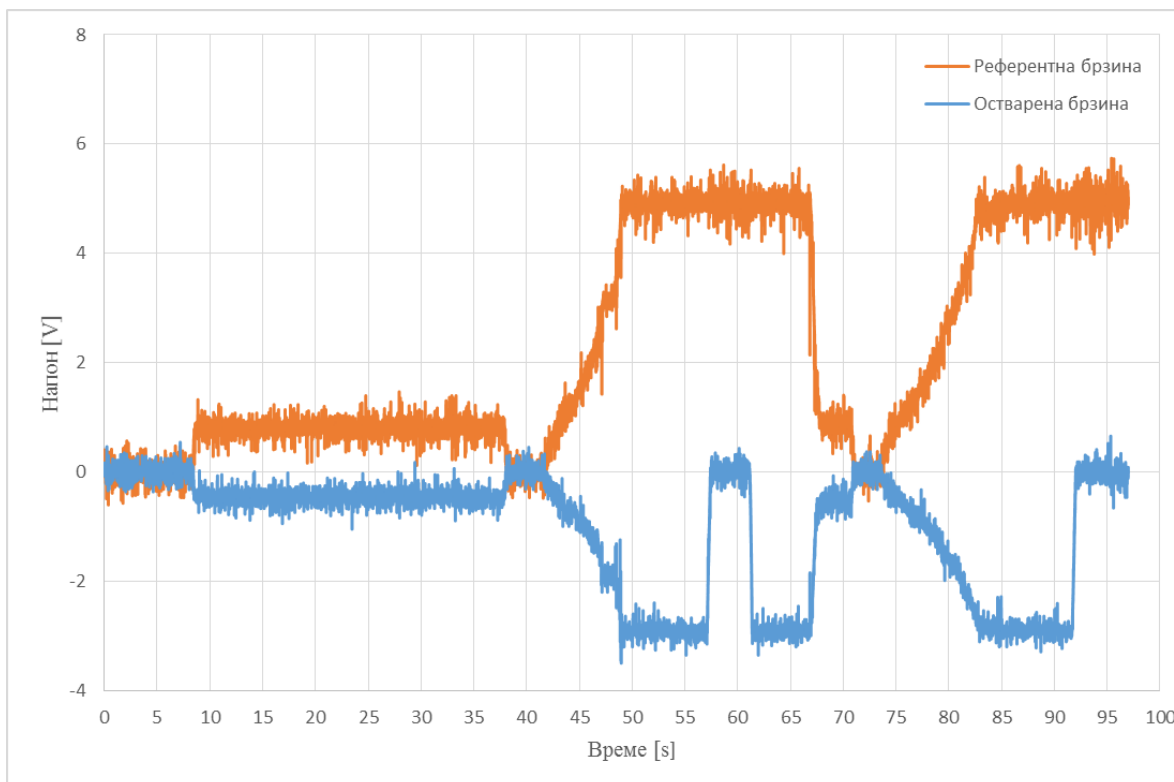
Овакав начин управљања је остварен тако што је референтни напон доведен са клизача потенциометра на терминал за референтну брзину V-REF (CN1-5). Параметар Pn300 је постављен на вредност 500, а параметар Pn001.0 је постављен на вредност 6 из разлога што је на такав начин било могуће, без промене параметара, вршити сва управљања наведена у предходном поглављу без промене овог параметра.

Да би се остварило обртање мотора при управљању брзином потребно је на терминал за референтни момент довести бар 0.7 V.



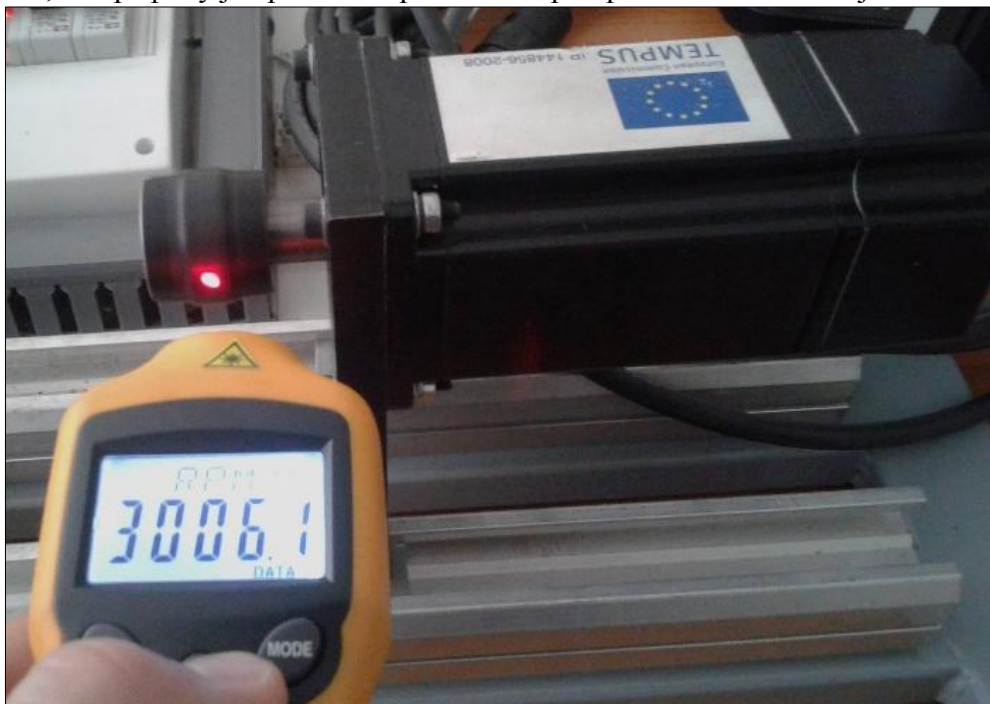
Слика 50. Повезивање референтних сигнала на терминале серво појачавача

На слици 50 је приказан начин задавања напона који представља напоне референтног момента и референтне брзине. Такође, се може видети да су напони доведени преко клизача потенциометра на терминале, али исто тако је могуће референтни напон довести као сигнал са спољашњег контролера. Из наведеног разлога потенциометри су уоквирени испрекиданом линијом.



Слика 51. Зависност брзине мотора у односу на референтну брзину

На слици 51 се може уочити промена брзине мотора у зависности од улазног референтног напона. Референтна брзина се задаје у волтима, као улазни напон где 5 V представља 3000 о/мин (обртаја по минути) и референтни напон је на графику приказан црвеном бојом. Вредност брзине мотора се такође очитава у волтима где је 1 V једнак 1000 о/мин, на графику је вредност брзине мотора приказан плавом бојом.



Слика 52. Мерење брзине мотора помоћу тахометра при максималној брзини мотора

На слици 52 је приказана измерена брзина серво мотора уз помоћ ласерског тахометра, при максималној брзини окретања мотора. на овај начин је потврђено да се напоном од 5V постиже максимална брзина мотора и да је вредност која се очитава са серво појачавача која описује брзину мотора такође тачна.

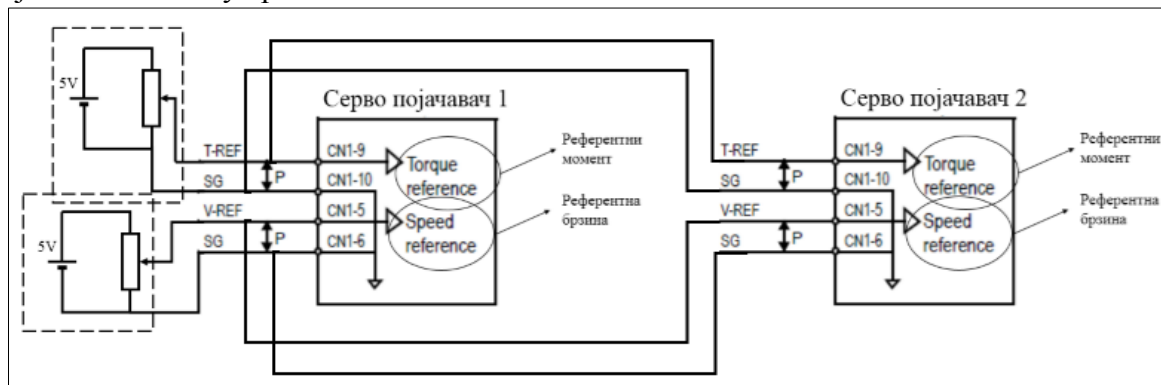
Напон који представља брзину обртања мотора је константно негативна вредност, то се дешава из разлога што се мотор обрће у назад.

Упоређивањем ове две криве са слике може се уочити да мотор има врло добар одзив на промене улазног напона и да је зависност брзине мотора и референтног напона, као што је раније наведено линеарна. Може се видети у тренутцима када је референтни улаз једнак нули и брзина мотора има исту вредност, и да је иста ситуација у случају када је референтни напон максималан и брзина мотора је максимална.

У временском интервалу између 55 и 65 секунди, на овом графику, се може видети да је брзина једнака 0, а референтна брзина је максимална. Ова појава се јавља јер је мотор заустављен под дејством спољашњег поремећаја.

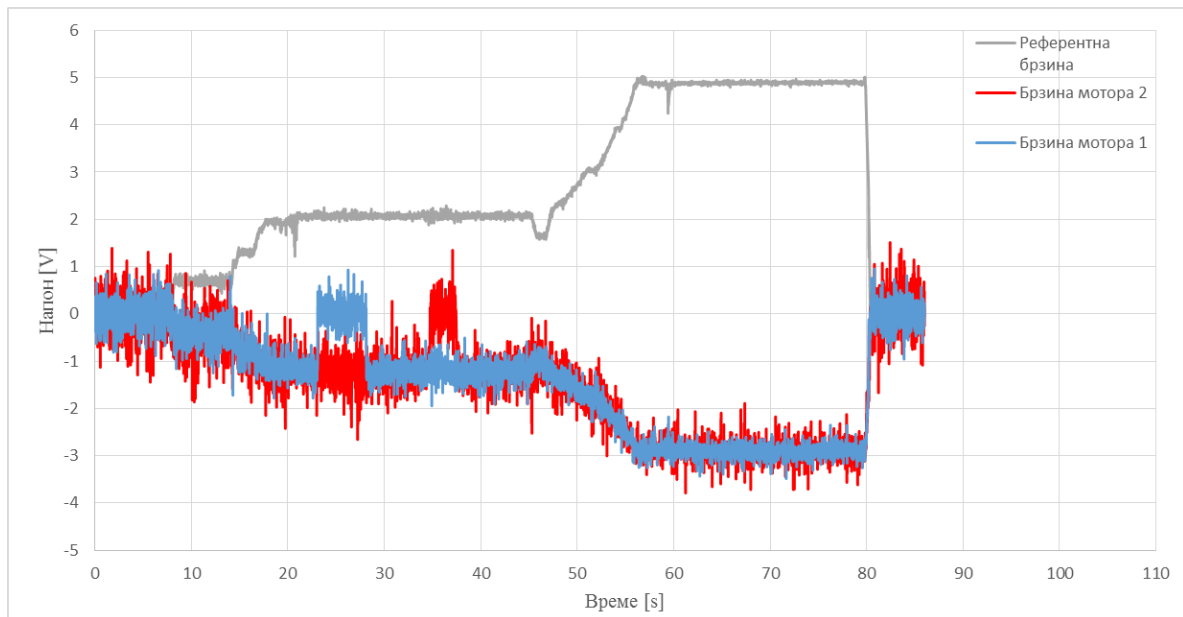
6.2. Управљање са два мотора задавањем референтне брзине

Како је у наслову наведено, управљање се врши на два серво мотора задавањем исте референтне брзине са истог потенциометра. Како су мотори повезани на различите серво појачаваче, потребно је параметре који су описани у предходном поглављу, „Управљање једним мотором задавањем референтне брзине“, поставити за оба серво појачавача на исту вредност.



Слика 53. Повезивање референтних сигнала на терминале оба серво појачавача

На слици 53 су приказана два серво појачавача на чије се терминале за референтни момент и референтну брзину доводе потпуно исти сигнали. Терминали за референтну брзину једног серво појачавача су спојени са терминалима за референтну брзину другог појачавача, а потпуно иста ситуација је и са терминалима за референтни момент. На тако спојене терминале доводи се сигнал са потенциометра или спољашњег контролера, зависно од начина управљања.



Слика 54. Упоређивање брзина серво мотора за исту вредност референтне брзине

На слици 54 се могу видети три криве од којих две имају негативну вредност и оне представљају брзине серво мотора, док једна има потпуно позитивну вредност и она представља референтну брзину.

Све вредности су приказане у волтима, а однос брзине и напона за референтну брзину је 600 o/min за један волт, док је за брзину мотора 1 V представља 1000 o/min.

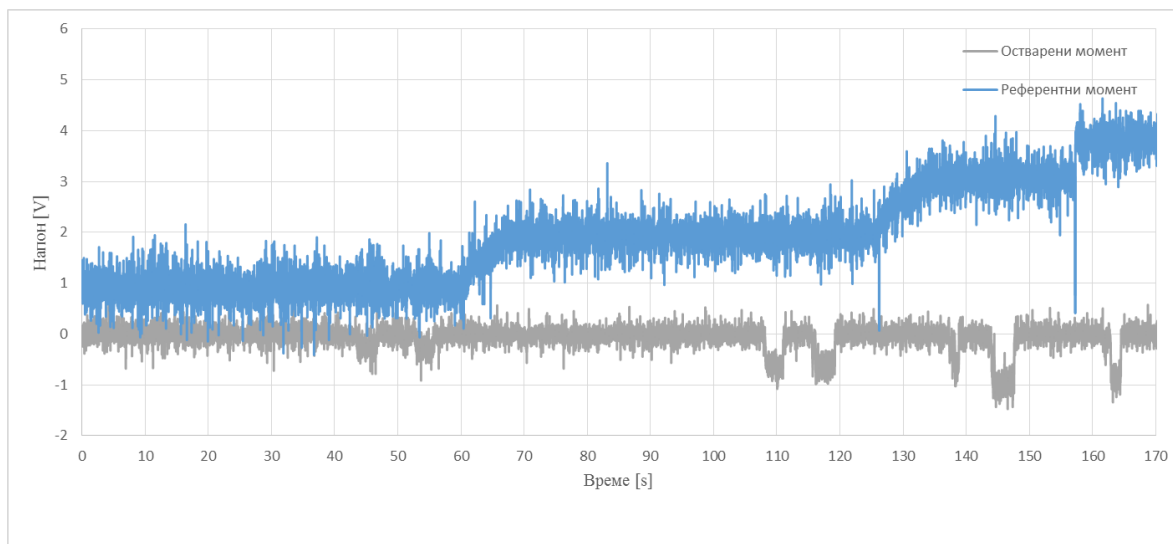
Оба напона која представљају брзину мотора имају негативну вредност, и овде је то случај да се мотори окрећу у назад. Са графика се може уочити да су брзине оба мотора све време на истом нивоу и на основу тога се може закључити да су мотори врло сличних особина и карактеристика.

У периоду између 20 и 30 секунди, брзина првог мотора је скоковито опала, разлог овом скоку је спољашњи поремећај који је скоро у потпуности зауставио мотор. Потпуно иста ствар је и са брзином мотора два у периоду између 30 и 40 секунди на овом графику.

6.3. Управљање мотора задавањем референтног момента

Референтни момент се задаје такође уз помоћ потенциометра где се излаз са клизача потенциометра повезује на терминал за референтни улаз момента T-REF (CN1-5). Како је напон напајања потенциометра 3.8 V, то је уједно и максимални напон на клизачу потенциометра, на основу тога потребно је поставити вредност параметра Pn400. Овај параметар представља вредност улазног напона која је једнака 100% номиналног момента. Параметар је постављен на вредност 30, а то значи да је напон од 3 V, једнак 100% номиналног момента.

Како би управљање момента мотора имало смисла неопходно је поред референтног момента задати и референтну брзину. Начин повезивања референтних сигнала и терминала серво појачавача врши се на исти начина као што је показано у поглављу 6.1, на слици 50.



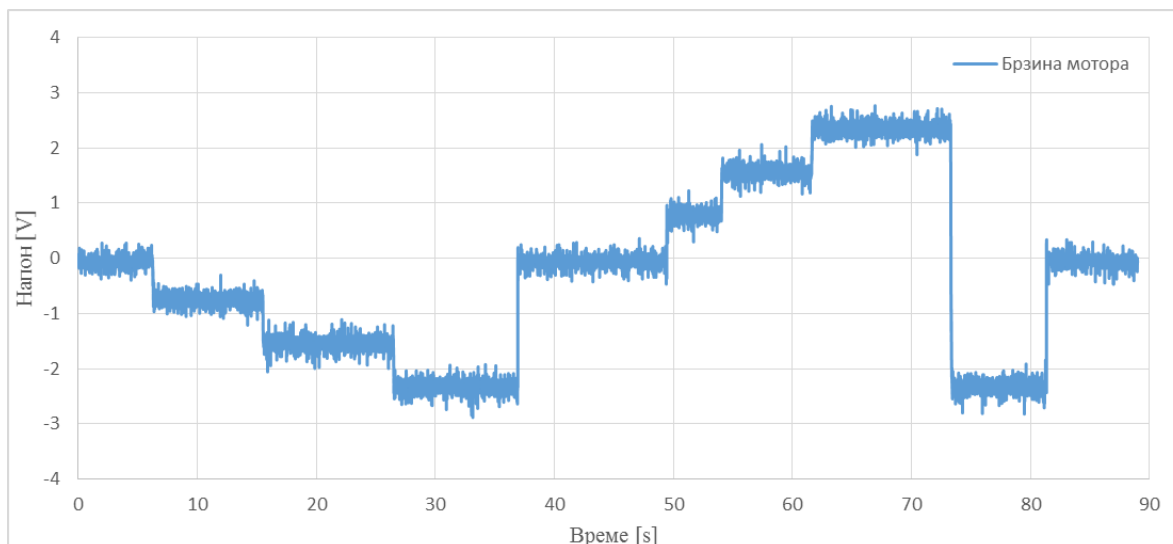
Слика 55. Зависност референтног момента и оствареног момента

На слици 55 се могу уочити два напона сигнала од којих један представља референтни момент, а други остварени момент на вратилу серво мотора. Када је серво мотор без оптерећења, а референтни момент има неку вредност, остварени момент ће бити једнак нули, што се може видети на већем делу овог графика. У тренутку када је мотор оптерећен толико да је заустављен, тренутни момент ће бити једнак референтном моменту. Оваквих примера на графику има на више места, као на пример у тренутку 110 секунди, када је референтни момент једнак 2 V, што износи око 67%, а напон који представља тренутни момент је око 0.7 V. Иста ситуација је и у тренутку између 140 и 150 секунди графика, када је референтни момент 100%, остварени момент је 1 V.

6.4. Управљање мотора избором константне брзине

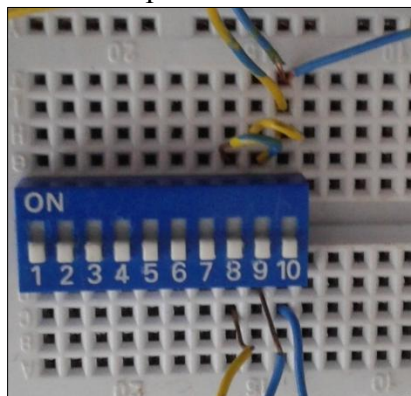
Овакав начин управљања је погодан за управљање мотора које је потребно одржавати на константном нивоу и по потреби његову брзину заменити неком другом исто тако константном брзином једноставним притискањем прекидача. Серво појачавач који је коришћен у лабораторијском систему има могућност управљања мотором са три различите брзине.

Брзине мотора се дефинишу параметрима Pn301, Pn302 и Pn303 и њихове вредности су постављене на 100, 200 и 300. Избор брзина и смер обртања мотора је вршен коришћењем прекидача. Како је описано у поглављу 3.3 (Селективно управљање брзине) прекидачи се доводе на терминале /P-CON, /P-CL и /N-CL и њиховим спајањем на ниво нултог потенцијала врши се селекција брзине и смер обртања.



Слика 56. Брзина у скоковитим променама при селективном управљању брзином

На слици 56 је могуће видети каскадне промене напона које се дешавају услед промене позиције на прекидачима који су повезани на терминале наведене у тексту пре. Приказ брзине је у волтима, где је однос напона и брзине $1 \text{ V}/125 \text{ o/min}$, што се може закључити да је брзина мотора баш онаква каква је задата контактима. У тренутку нешто пре 50 секунди, може се уочити да крива која описује брзину прелази у позитивну вредност, то се дешава јер се терминал /P-CON спаја помоћу прекидача на ниво нултог потенцијала и мења смер обртања мотора.



Слика 57. Повезивање прекидача на терминале за каскадно управљање серво појачавача

На слици 57 су приказани прекидачи који су повезани на терминале којима се при селективном управљању брзином дефинише брзина и смер окретања мотора. Горња страна прекидача је доведена ниво нултог потенцијала (GND) целокупног лабораторијског система, а са доње стране су повезани терминали за управљање. На прекидач 10 је доведен терминал /P-CON којим се дефинише смер обртања мотора, на прекидач 9 је повезан терминал P-CL, а на прекидач 8 /N-CL. Комбинацијом ова три прекидача врши се каскадно управљање серво мотором.

6.5. Управљање мотора помоћу спољашњег контролера

Управљање спољашњим контролером се врши, тако што се тренутне брзине и моменти мотора учитавају помоћу контролера, а референтне брзине и моменти се задају помоћу спољашњег контролера.

Како је већ напоменуто контролер који је коришћен за управљање лабораторијским системом је NI 6229 – PCI, а уз то је неопходна прикључна плоча и кабал за повезивање управљачке и прикључне плоче.

Да би спољашњи контролер функционисао прописно првенствено је потребно намонтирати контролер на матичну плочу рачунара, а затим инсталирати одговарајући NI драјвер (eng. driver) за препознавање и нормалан рад спољашњег контролера.

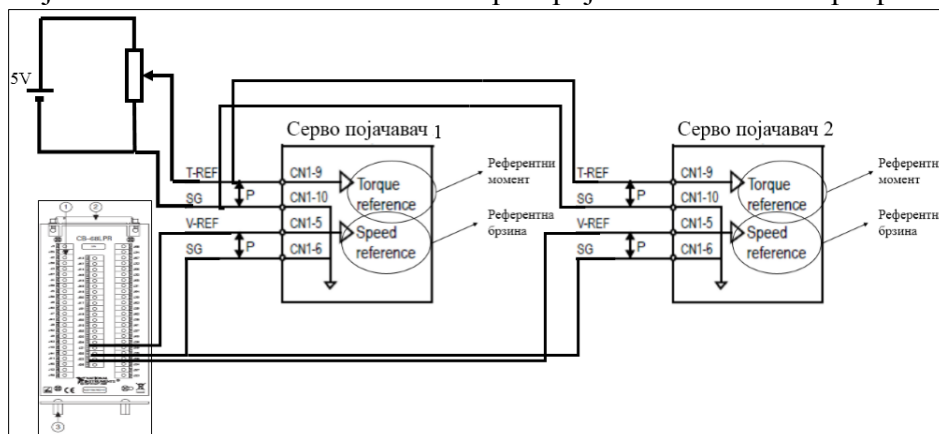
Програмски језик који је коришћен за управљање лабораторијским системом помоћу спољашњег контролера јесте Python 2.6. Овај програмски језик је коришћен првенствено што је бесплатан, затим није потребно инсталирати додатне библиотеке за комуникацију са NI плочом и једноставан је за употребу.

За комуникацију овог програмског језика и NI плоче потребно је прво учитати библиотеку исписивањем команде „import Ni6008DAQ as daq“ у прозору Python-а, и на овај начин је остварена комуникација програмског језика и NI плоче. Након ове команде могуће је вршити слање података на излазе плоче или читање вредности са терминала плоче. Команда којом се очитава вредност са неког аналогног улаза плоче је: „daq.ReadAIChanal("Dev1",0)“. Dev1 у овој команди означава име плоче која је повезана са рачунаром и то име је могуће видети у Device Manager-у рачунара или у софтверу NI-MAX који се инсталира на рачунар приликом инсталације драјвера за NI плочу. Вредност „0“ означава редни број терминала са кога се врши очитавање сигнала. Команда којом се врши исписивање вредности на аналогни излаз плоче је: daq.SetAO("Dev1",0,2), где „Dev1“ означава име контролера, а „0“ редни број терминала на који се исписује вредност жељеног излаза и вредност „2“ представља вредност у волтима коју корисник жели да проследи на аналогни излаз плоче.

Пример једног од најједноставнијих програма за очитавање вредности улаза и постављање одређене вредности на излаз јесте:

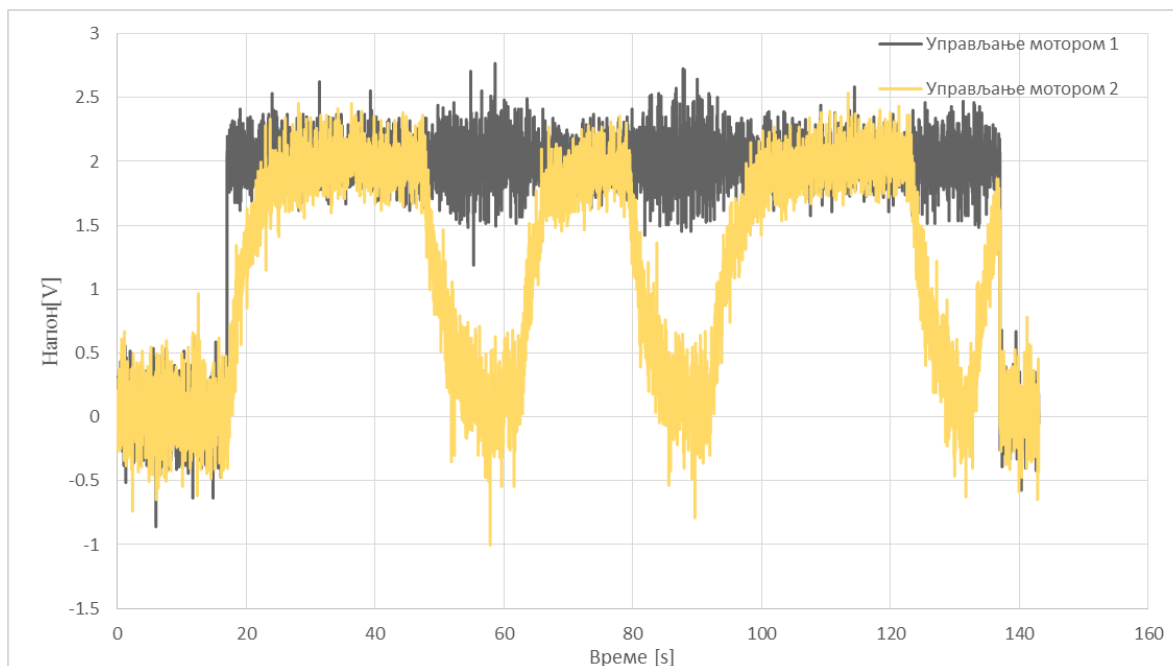
```
import Ni6008DAQ as daq - # позивање библиотеке
daq.SetAO("Dev1",0,3) - #постављање аналогног излаза на вредност 3 V
a=daq.ReadAIChanal("Dev1",0) - # учитавање аналогног улаза и додељивање
променљивој „a“ ту вредност
print a - #штампање тренутне вредности променљиве „a“
```

Код који је коришћен за снимање одзива мотора приликом управљања са спољашњим контролером је компликованији и тај код ће бити детаљније разјашњен у поглављу које ће описивати повезивање лабораторијског система и сервера.



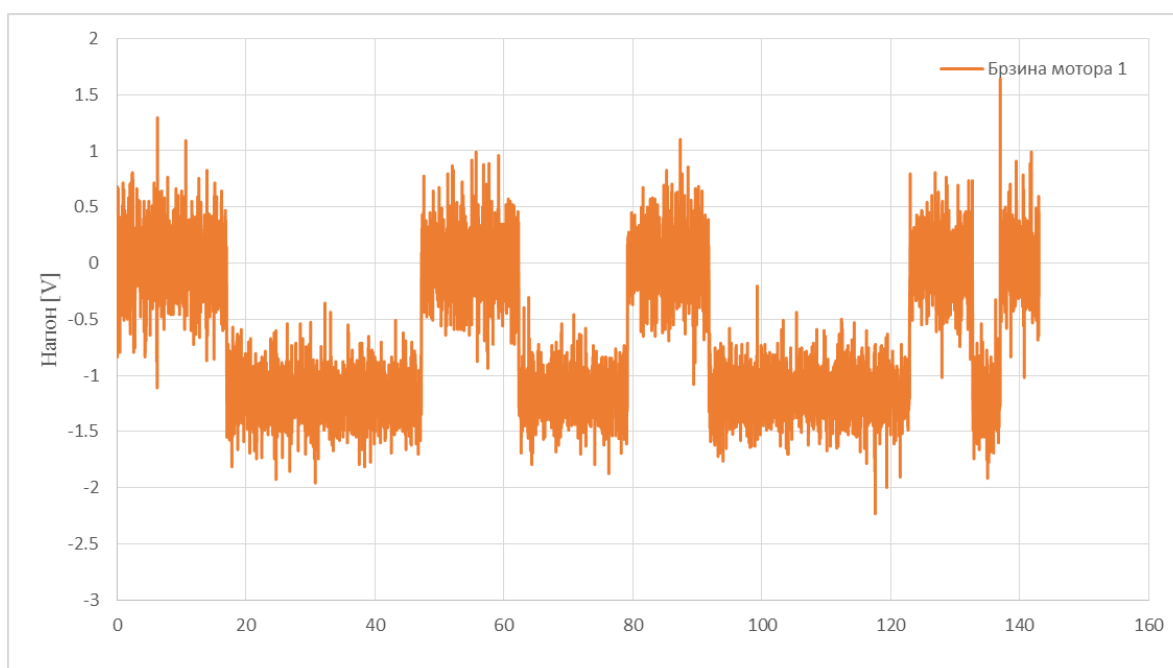
Слика 58. Повезивање терминала при управљању спољашњим контролером

На слици 58 се може видети да се референтни момент задаје помоћу потенциометра, јер је већ напоменуто да је неопходан референтни момент за остваривање обртања, док се референтна брзина задаје помоћу спољашњег контролера.



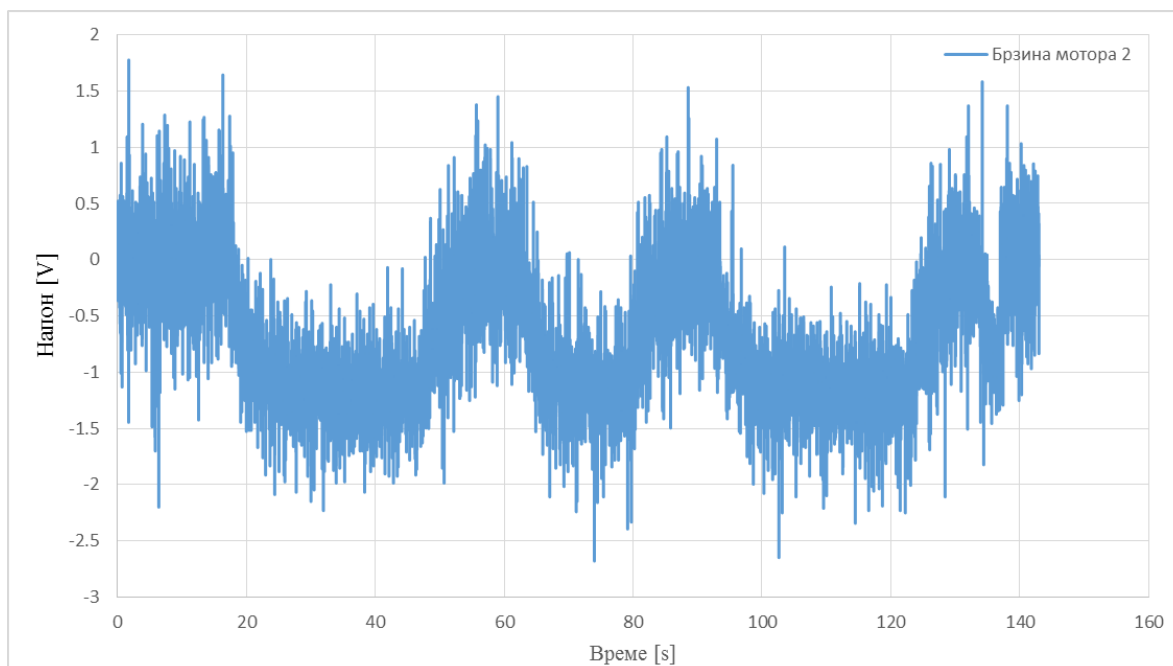
Слика 59. Напони управљања на моторима

На слици 59 су приказани напони управљања на првом и другом мотору, где се напон управљања првог мотора задаје и он је постављен на 2 V, док се напон управљања другог мотора одређује и израчунава у програму контролера, у зависности од остварене брзине првог мотора из разлога што је задатак програма да брзина оба мотора буде увек једнака. Напон управљања другог мотора је променљив, јер се на вратило првог мотора доводи поремећај и сама брзина првог мотора варира, а промена брзине ће се најбоље видети на графику брзине. На графику се тачно може уочити прелазни процес и време потребно за стабилизацију управљања.



Слика 60. Остварена брзина првог мотора

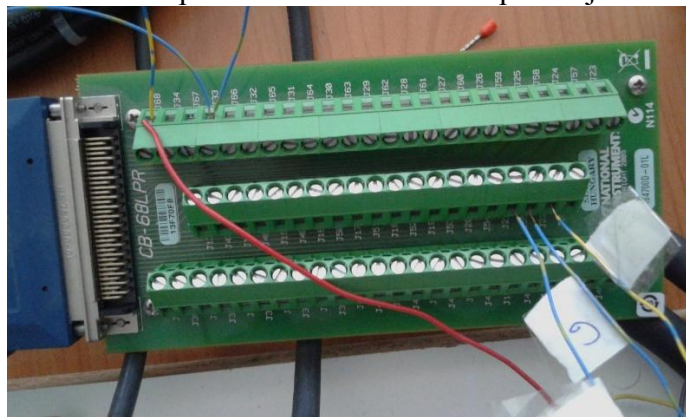
На слици 60 је приказана брзина првог серво мотора и ова брзина се задаје константним управљањем напоном од 2 V. График брзине је каскадан и брзине серво мотора пада на нулу из разога што се уноси поремећај у систем толики, да зауставља обртање мотора. Овакав поремећај је уношен како би се видео одзив другог мотора.



Слика 61. Остварена брзина другог мотора

На слици 61 је могуће уочити промену брзине другог мотора којим се управља тако да брзина његовог обртања испрати у потпуности брзину обртања другог мотора. Упоредивањем слике 60 и 61 могуће је одредити дужину прелазног процеса као и тренутке у којима брзина долази у стационарно стање. Поремећај је намошен на први мотор све до тренутка када други мотор уђе у стационарно стање, како би се могле видети карактеристике процеса. Са ових слика се може закључити да је процес спор и да је лош за велике вредности поремећаја, али исто тако да се систем може одлично изборити са поремећајима. За мале вредности поремећаја систем је отпорнији и брже се и лакше бори са поремећајима, вредности промене брзине су незнатне и из тог тазлога није вршен такав начин оптерећивања мотора.

Да би се остварио овакав начин управљања неопходно је повезати правилно улазе и излазе прикључне плоче са терминалима на самом серво појачавачу.



Слика 62. Повезивање терминала серво појачавача на прикључну плочу

На слици 62 је приказана прикључна плоча са повезаним водовима који су директно повезани на терминале серво појачавача. Улази на плочу су стање брзине једног и другог мотора које се очитавају са аналогног приказа (CN5 Analog monitor 2) оба серво појачавача. На терминал J68 је повезан терминал за приказ брзине првог мотора и то је аналогни улаз 0 (AI0), а на терминал J33 је повезан приказ брзине другог мотора и овај терминал представља први аналогни улаз за NI плочу(AI1).

Сигнали управљања које производи контролер користећи алгоритам из програма написаног у Python-у, шаљу се на аналогне излазе плоче, аналогни излаз 0 (AO0) и аналогни излаз 1(AO1). На аналогни излаз 0 повезан је терминал за референтну брзину првог серво појачавача V-REF (CN1-5), док је на први аналогни излаз повезан терминал за референтну брзину другог серво појачавача V-REF (CN1-5).

На терминал за нулти потенцијал аналогних излазних терминала прикључне плоче J55(AO GND), повезана је на нулти потенцијал (GND) целокупног лабораторијског система.

На овај начин је извршено повезивање лабораторијског система са спољашњим контролером и извршено брзинско управљање мотора од којих је један био главни (master), а други пратећи (slave).

7. Интеграција лабораторијског модела у портал ВЕБ лабораторије

Намена лабораторијског модела је експериментална верификација теоријских резултата повезаних са истраживањем или инжењерским образовањем или обуком у коришћењу и разумевању техничких средстава аутоматике. Конкретан лабораторијски модел је смештен у просторију Факултета површине око 6 m² коју истовремено могу посећивати до 4 студента. Затим, у овај лабораторијски модел је уложено око 10.000,00 ЕУР-а до сада (узимајући у обзир и цену рачунарске инфраструктуре и механичких компоненти система). Дакле, доступност оваког лабораторијског модела је ограничена на прилично мали број корисника. Овај проблем је могуће превазићи интеграцијом лабораторијског модела у портал ВЕБ лабораторије, односно, пружањем могућности да исти буде коришћен путем Интернета. То даље подразумева и могућности експериментисања путем Интернета, али и документованости која уводи корисника да може путем ВЕБ страна лабораторијског модела да се образује у областима које су повезане са коришћењем лабораторијског модела. Обично се каже да ВЕБ лабораторије пружају приступ лабораторијским моделима са било ког места у било које време, али је предност и та што ВЕБ стране лабораторијског модела могу да дају репрезентативну документованост лабораторијског модела и могућности његовог коришћења.

Техничко решење софтвера за ВЕБ лабораторије у који се касније интегришу лабораторијски модели (ВЕБ стране лабораторијских модела које омогућавају укупну документованост, разна упутства и илустрације, видео клипове, и могућност надзора и управљања путем Интернета) је дато у дипломском раду Николе Јовића [8]. Тај рад, као и овај, инспирисани су идејама SCOPES пројекта IZ74Z0_160454/1: “Enabling Web-based Remote Laboratory Community and Infrastructure” of Swiss National Science Foundation, 2015-2018.

7.1. Повезивање на сервер

За интеграцију лабораторијског модела у портал ВЕБ лабораторије, првенствено је потребно подесити локални рачунар који управља лабораторијски модел, тако да буде оспособљен за комуникацију са сервером на коме се налази програмско решење ВЕБ лабораторије које интегрише ВЕБ стране различитих лабораторијских модела, на различитим локацијама.

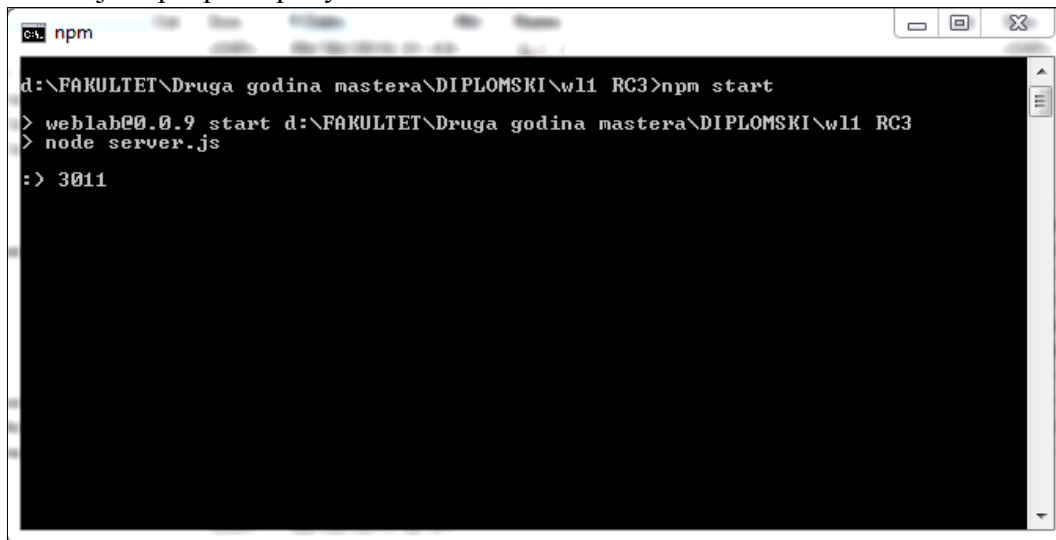
За комуникацију са сервером потребно је на локалном рачунару инсталирати локални (микро) сервер, који од рачунара прави сервер, а исто тако има могућност повезивања са другим серверима, у овом случају са главним сервером лабораторије на коме се налази портал за ВЕБ лабораторије.

Програм који је потребно инсталирати јесте node.js, који представља бесплатни микро сервер. Након инсталације потребно је покренути микро сервер, и то из директоријума где су смештене датотеке којима је дефинисана ВЕБ лабораторија.

Датотеке којима је дефинисана лабораторија, односно датотеке које чине саму структуру лабораторије могу се преузети само од креатора целокупног портала. Директоријум садржи мноштво датотека од којих су за креирање новог лабораторијског система потребне само две. Датотека под именом proba.json садржи податак у себи који је јако битан за рад лабораторије, а то је број порта који ће микро сервер заузети на серверу. Отварањем датотеке може се видети ред у коме пише „port“ и иза две тачке потребно је унети број порта који је произвољан број, али се не сме поклопити са предходно коришћеним портовима. За ову лабораторију коришћен је број 3011.

Када је уписан број порта, могуће је стартовати сервер, али је потребно то урадити у директоријуму где су је смештена датотека „proba”.

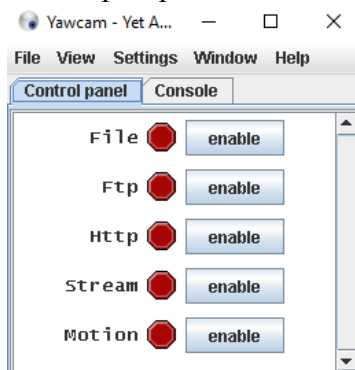
Сервер се покреће тако што је потребно отворити командни прозор и њиме пронаћи и отворити директоријум. Када је директоријум изабран потребно је откуцати команду „npm start” и после тога ће се на екрану појавити број уписаног порта, што означава да је сервер покренут.



Слика 63. Изглед командног простора када је сервер активира

На слици 63 је приказан изглед прозора који нам приказује команду за позивање сервера, као и одговор да је сервер активира. У првом реду се налази команда за позивање сервера, а у последњем реду је потврда да је сервер активан.

Како би се визуелно, путем ВЕБ камере, могло пратити обртно кретање мотора, потребно је било инсталирати софтвер за камеру, која прати покрете оба мотора. Софтвер који је потребно инсталирати јесте софтвер под називом Yawcam.



Слика 64. Избор режима рада камере

На слици 64 је приказан изглед софтвера за камеру. У овом софтверу је потребно изабрати режим рада камере, у овом случају је потребно изабрати Stream и Http.

Када су инсталирана ова два софтвера, сада је потребно уредити ВЕБ страницу на којој ће бити исписани резултати експеримента. Ова страница се израђује на рачунару на коме се врши експеримент, а страницу коју ће корисник да користи и која садржи детаљне описе експеримента се израђује касније и могуће је са било ког рачунара то урадити. Практично, та страница преузима податке са ове странице и само их приказује, и на тај начин је организована ВЕБ лабораторија.

Страница коју је потребно направити, такође се преузима од креатора овог портала. Датотека носи назив index3.html. Преузета страница садржи један графички приказ величина и једно поље за исписивање тренутних вредности и порука које се приказују кориснику.

Овакву страницу је потребно преправити јер је за овај лабораторијски модел потребно имати два графичка приказа, приказ камере и поље за исписивање.

У постојећем коду потребно је додати прво команду за додавање камере и то у 27-ми ред, јер се у том делу кода дефинише изглед приказа, а камеру је потребно ставити на врх странице, тако да се она уписује прва у код.

```
<body>
<div class="container-fluid">
  <div id='proba'></div>
  <div id='sifra'></div>
  <div class = "col-md-6 col-xs-6 col-sm-6 ">
    <img class = 'center-block img-responsive piksela300' src = "http://147.91.203.63:8081/video.mjpg?q=30&fps=33"></img>
  </div>
  <div class = "col-md-6 ">
    <canvas id="grafik" width="400" height = "300"></canvas>
  </div>
  <div class = "col-md-6 ">
    <canvas id="grafik2" width="400" height = "300"></canvas>
  </div>
  <div id = "grafikDiv" class = "col-md-6 ">
    <textarea id="python" readonly>
  </div>
</div>
```

Слика 65. Део кода који дефинише распоред елемената на страници

На слици 65 се може видети део кода којим се дефинише редослед елемената странице. У првом правоугаонику на слици је дефинисан приказ камере. Одмах за њим је дефинисан први график, после тога други график, и испод свега је дефинисан приказ текста. У овом случају су додати кодови који су уоквирени у првом и трећем правоугаонику.

```
var izlaz1 = new TimeSeries();
var izlaz2 = new TimeSeries();
var ulaz1 = new TimeSeries();
var ulaz2 = new TimeSeries();
```

Слика 66. Дефинисање линија које се исцртавају

На слици 66 је приказан начин дефинисања линија које је потребно исцртати. Како је у првој датотеци био дефинисан само један график овде је био потребно исцртати два, и из тог разлога је потребно овакво дефинисање. У првобитној датотеци улаз и излаз су се исцртавали на истом графику, док се овде исцртавају у различитим, у једном се исцртавају вредности улаза, тачније брзине мотора, а у другом управљања моторима.

```
var chart = new SmoothieChart({grid:{fillStyle : 'transparent', strokeStyle: '#00000000', verticalSections: 4}, minValue: -3500,
maxValue: 3500, interpolation : 'linear'});
chart.addTimeSeries(izlaz1, { strokeStyle: 'rgba(0, 255, 0, 1)', fillStyle: 'rgba(0, 255, 0, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart.addTimeSeries(izlaz2, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle: 'rgba(20, 140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart.streamTo(document.getElementById("grafik"), 500);

var chart2 = new SmoothieChart({grid:{fillStyle : 'transparent', strokeStyle: '#00000000', verticalSections: 4}, minValue: -10,
maxValue: 10, interpolation : 'linear'});
chart2.addTimeSeries(ulaz1, { strokeStyle: 'rgba(0, 255, 0, 1)', fillStyle: 'rgba(0, 255, 0, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart2.addTimeSeries(ulaz2, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle: 'rgba(20, 140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart2.streamTo(document.getElementById("grafik2"), 500);
```

Предходни уоквирени текст представља дефиницију приказа два графика, где се уписују опсези, боје линија, максимална и минимална вредност као и променљиве које се исписују.

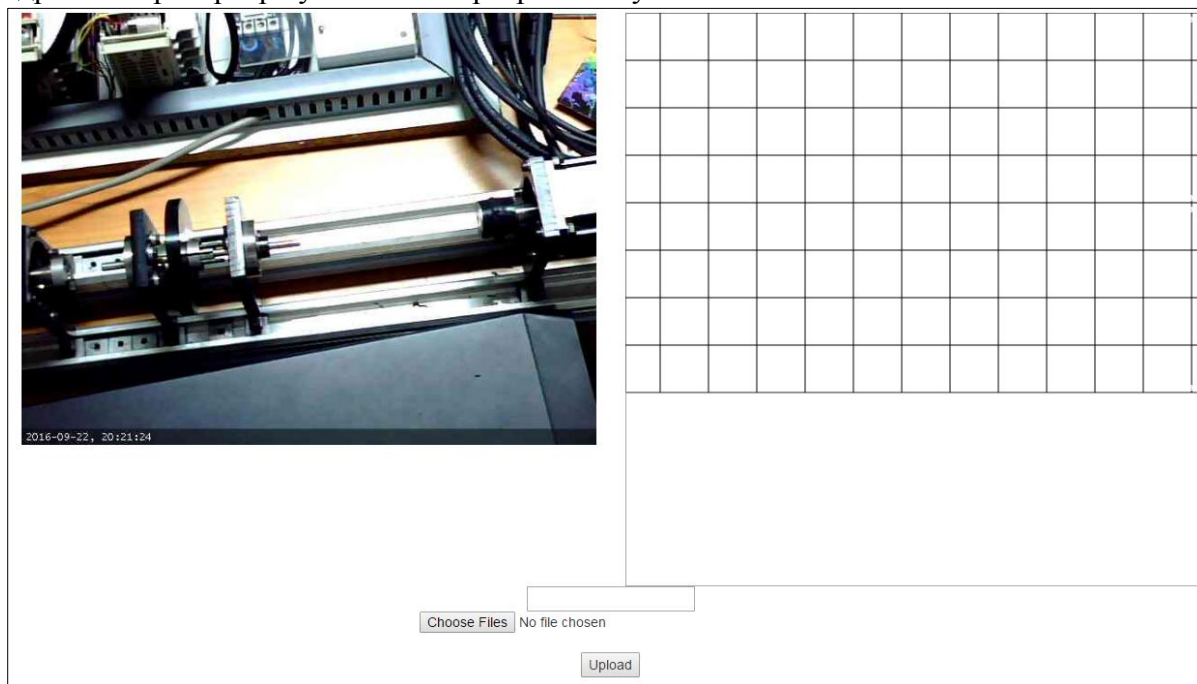
Дефинисање података који се исписују на графицима, односно повезивање података очитаних са лабораторијског модела коришћењем програмског језика Python, је извршена исписивањем наредних команди. Пре свега тога потребно је дефинисати IP адресу рачунара, као и број порта на који је повезан микросервер.

```
var socket = io.connect('http://147.91.203.63:3011/client-lab')
socket.on('proba', function(message) {
    izlaz1.append(new Date().getTime(), message.y1);
    izlaz2.append(new Date().getTime(), message.y2);
    ulaz1.append(new Date().getTime(), message.u1);
    ulaz2.append(new Date().getTime(), message.u2);
```

Како што се види из предходног кода, потребно је вредности која је дефинисана у опису графика доделити две променљиве тренутно време и вредност које се учитавају са модела. Вредности које се учитавају са модела су „y1“, „y2“, „u1“ и „u2“, вредности управљања једног и другог мотора, и брзина једног и другог мотора.

Целокупан код који је коришћен при изради ове стране биће исписан у додатку овог рада под називом B1.

Када је страница овако дефинисана могуће је покренути страницу укуцавањем адресе микросервера у било ком претраживачу.



Слика 67. Изглед основног прозора за покретање управљања серво моторима

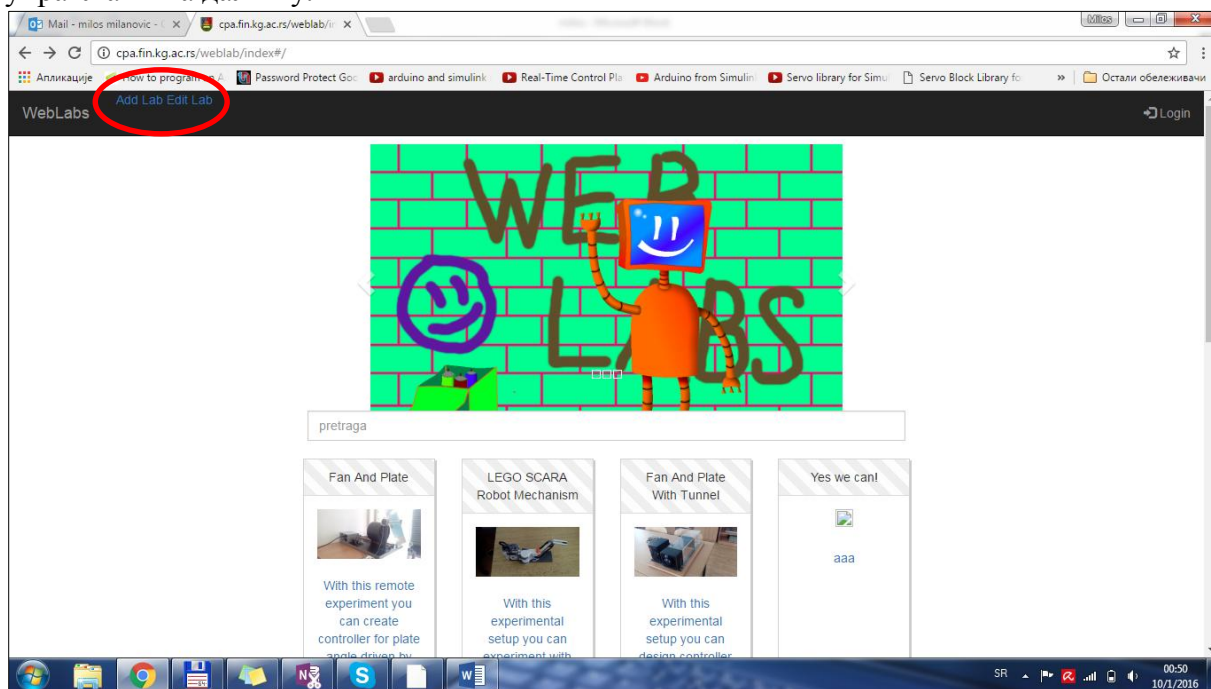
На слици 67 је могуће видети графички кориснички интерфејс за реализацију експеримента над лабораторијским моделом. На левој страни приказа се налази приказ камере која прати кретања мотора и где се у сваком тренутку експеримента може видети шта се дешава са моторима. Са десне стране на врху се налази график на коме се исцртава број обртаја оба мотора, одмах испод је график на коме се исцртава напон управљања моторима, тачније референтна брзина изражена у волтима. Испод ова два графика се налази поље у коме се исписују вредности брзина и њихове међусобне разлике, као и поруке које су исписане у програму.

Управљање позиције није могуће реализовати у условим ВЕБ лабораторије али ће у наредном периоду и то бити доступно кориснику.

7.2. Интеграција лабораторијског модела у портал ВЕБ лабораторије

Како би се лабораторијски модел, који је већ повезан са микросервером, повезао и са ВЕБ лабораторијом, неопходно је отворити страницу ВЕБ лабораторије, за креирање нове вежбе, и попунити поједина поља и на тај начин уредити страницу где ће бити смештен лабораторијски модел.

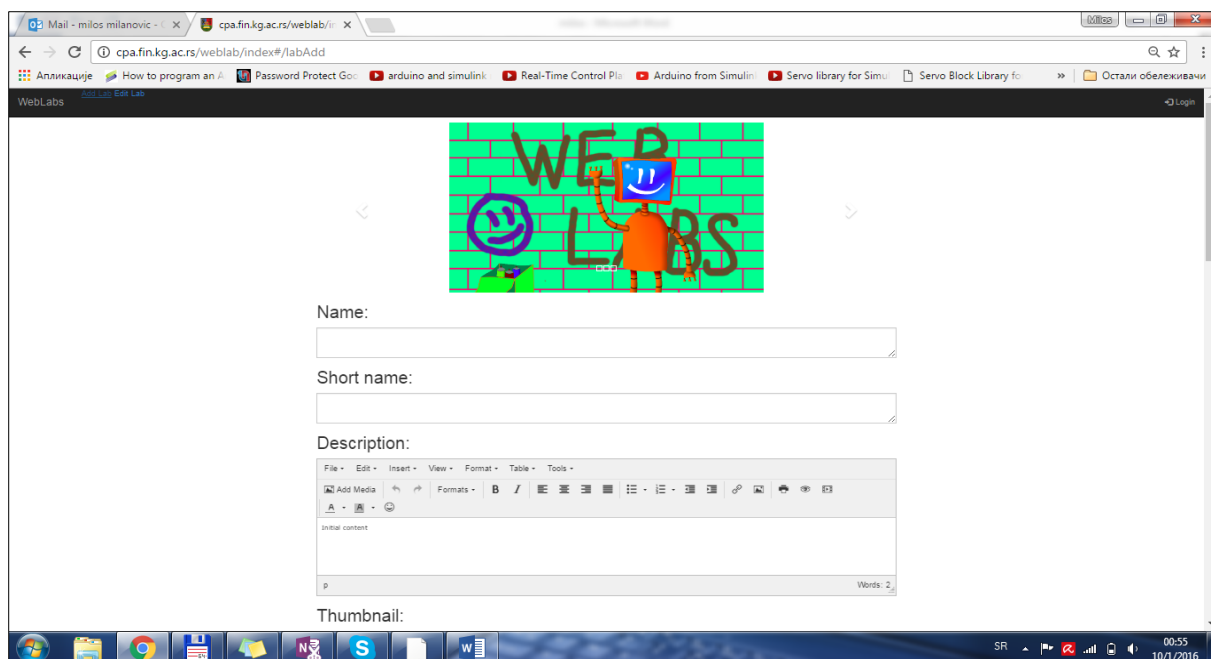
Потребно је отворити страницу <http://cpa.fin.kg.ac.rs/WEBlab/index#/> [14] где је смештена страница ВЕБ лабораторије, и где се налазе други лабораторијски модели управљани на даљину.



Слика 68. Изглед ВЕБ лабораторије

На слици 68 је приказана почетна страница ВЕБ лабораторије где се могу наћи већ интегрисани радови. Како би се додала нова лабораторија потребно је курсором миша кликнути на Add Labs у горњем левом углу странице.

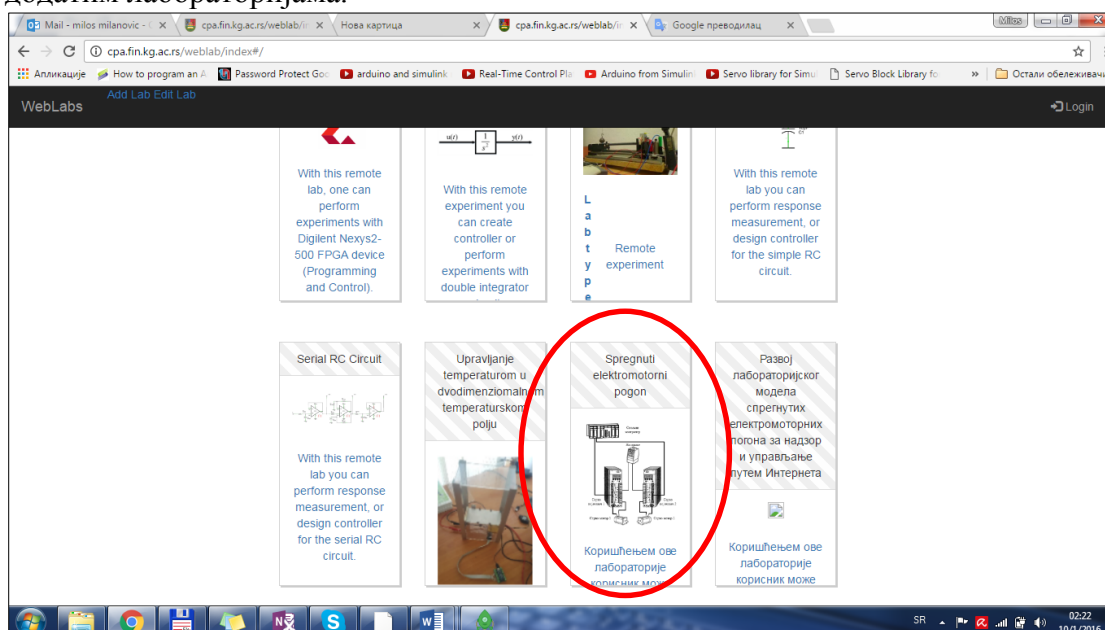
Развој лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона за надзор и управљање путем Интернета



Слика 69. Изглед странице за додавање нове лабораторије

На слици 69 је могуће видети страницу која служи за уређивање и додавање нове лабораторије на ВЕБ лабораторију. На овој страници се налазе поља у којима се дају различити описи и подаци везани за саму лабораторију и њено коришћење. Нека од поља која се могу наћи и која је потребно попунити на овој страници су: име, опис, математичка или физичка позадина рада, код који је потребно користити, опис задатка, адреса микросервера и слично.

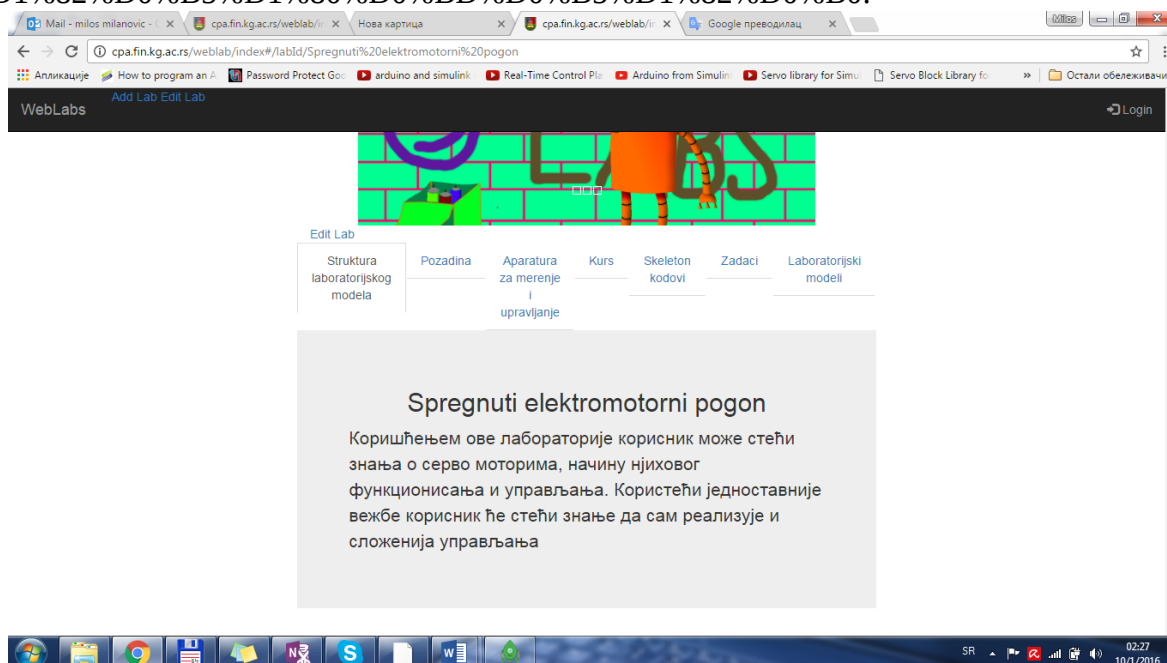
Када је завршено попуњавање поља, могуће је отпремити модел на ВЕБ лабораторију само једним кликом миша на дугме које се налази на крају странице Add Lab. Након тога се лабораторија налази на почетној страни међу осталима, предходно додатим лабораторијама.



Слика 70. Додата је нова лабораторија

На слици 70 је приказана лабораторија која је додата предходно описаним поступком и коју је касније могуће користити за вежбу и учење. Адреса лабораторије је:

<http://cpa.fin.kg.ac.rs/weblab/index#/labId/%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%98%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%98%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B0%20%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%BD%D1%83%D1%82%D0%B8%D1%85%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D0%B0%20%D0%B7%D0%B0%20%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%BE%D1%80%20%D0%B8%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D1%99%D0%B0%D1%9A%D0%B5%20%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%BC%20%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0>



Слика 71. Изглед вежбе

На слици 71 је приказан изглед странице где је смештен лабораторијски модел са свим пољима која кориснику дају информацију о моделу и начину управљања моделом.

Покретањем поља „Laboratorijski modeli“ отвара се страница на којој се налази линк са вежбом која је описана у предходном поглављу као на слици 67.

Развој лабораторијског модела
спрегнутих електромоторних погона за
надзор и управљање путем Интернета

Коришћењем ове лабораторије корисник може стећи
знања о серво моторима, начину њиховог
функционисања и управљања. Кориштећи једноставније
вежбе корисник ће стећи знање да сам реализује и
сложенија управљања

Experimental setup 1

[Развој лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона за надзор и управљање путем Интернета](#)

На слици 72 је приказана веза која спаја микросервер и лабораторију, и након чега је могуће покренути вежбу. Након активирања ове везе појављује се нови прозор који је исти као на слици 67.

Управљање лабораторијског модела се врши коришћењем две датотеке које су исписане у Python програмском језику. Једну од њих две уређује корисник лабораторије, док другу, која је битнија, и којом се обезбеђује безбедан и правилан рад система, уређује администратор ВЕБ лабораторије.

Корисник уређује датотеку која се назива test.py и у њу уписује податке о трајању експеримента, вредности којима корисник жели да шаље на улазе серво појачавача. Такође, корисник има могућност да сам креира контролер коришћењем улаза и излаза који су дефинисани у датотеци коју уређује администратор ВЕБ лабораторије. У даљем тексту, датотека коју уређује администратор ВЕБ лабораторије ће бити називана главна датотека.

Y[0] – тренутна брзина мотора 1
Y[0] – тренутна брзина мотора 2

Главној датотеци је неопходно послати вредност која дефинише дужину периоде одабирања као и дужину трајања експеримента. У главној датотеци ове две променљиве су делови речника под називом „prom{“.

prom[‘konasnoVreme’] – дужина трајања експеримента

prom[‘perioda’] – дужина периоде одабира

Поред ових података потребно је, у корисничкој датотеци, још дефинисати функцију која као резултат враћа вредности референтних брзина, тачније излазних величина контролера. Функцију коју је потребно дефинисати носи назив „petlja“. Када се дефинишу излази функције „petlja“ на првој позицији је вредност референтне брзине првог мотора, а на другој позицији је вредност референтне брзине другог мотора.

return(2,3) – 2V се шаље као референтна брзина 1, а 3 V се шаље као референтна брзина мотору 2

Уместо бројчаних вредности могуће је као излаз функције послати име променљиве, али се серво појачавачу шаље бројна вредност тих променљивих.

return(motor1,motor2) – бројчана вредност променљиве motor1 је референтна брзина мотору 1, а бројчана вредност променљиве motor2 је референтна брзина мотору 2

Корисник има могућност да пошаље само горе наведене податке главној датотеци, али ове податке може користити и комбиновати са другим променљивама, у корисничкој датотеци, на разне начине како би направио одговарајући контролер за лабораторијски модел.

Код који је коришћен при управљању у току израде поглавља 5.5 овог рада је:

```
def podesavanje(prom): - # функција у којој су дефинисане вредности променљивих
    prom['konasnoVreme']=60 - # дужина трајања експеримента
    prom['perioda']=0.2 - # дужина периоде одабира
    prom['upravljanje']=0 - помоћна променљива која је коришћена за израду
    контролера
```

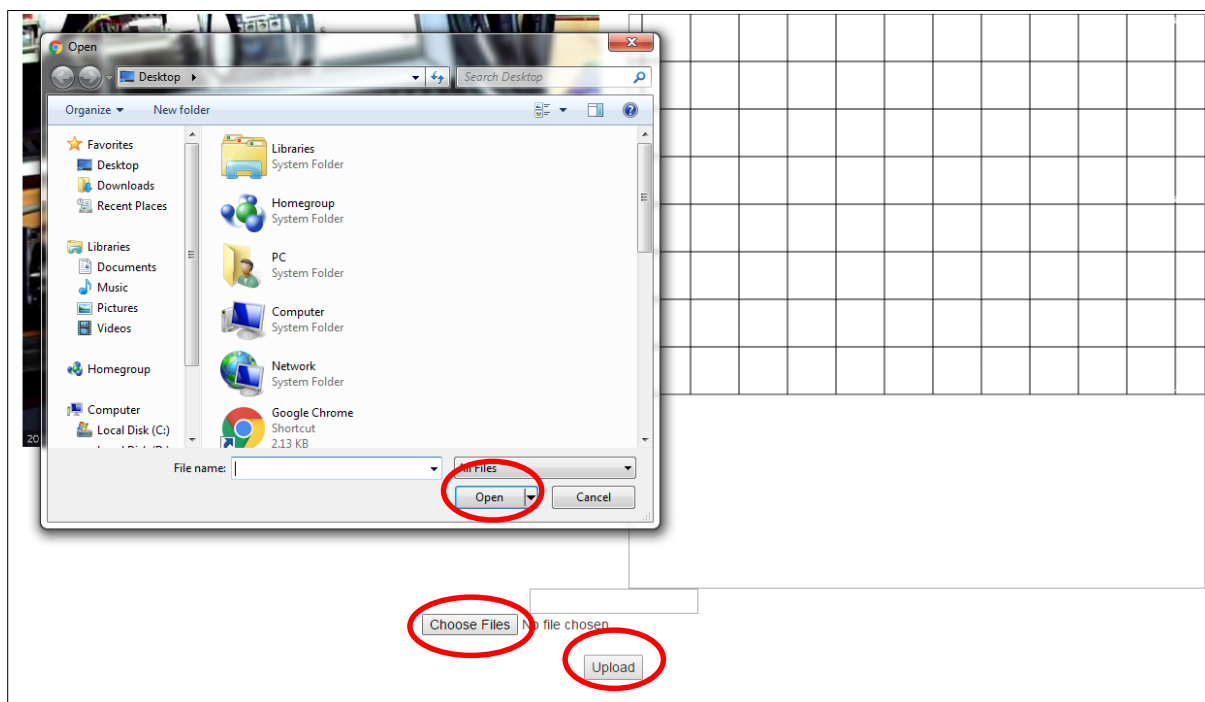
```
def petlja(t,y,prom): - # дефинисање функције „petlja“
    zeljenaBrzina = y[0] - # променљивој „zeljenaBrzina“ се додељује вредност
    тренутне брзине мотора 1
    greska = zeljenaBrzina - y[1] - # променљива „greska“ је једнака разлици тренутне
    брзине мотора 1 и мотора 2
    prom['upravljanje'] -= greska*0.0001 - #додељивање вредности променљивој
    „prom['upravljanje]“ тако да се у свакој периоди смањује за бројчану вредност
    променљиве „greska“ помножену са 0.0001. Овако написан о управљање представља
    интегрално управљање.
```

```
    print(str(y[0])+', '+str(y[1]) + ', '+str(greska)) - # вредности које се исписују у поље
    испод графика на страници ВЕБ лабораторије, и то су вредности брзине првог и другог
    мотора и променљива „greska“, која представља њихову разлику.
```

```
    return (1,prom['upravljanje']) - # Вредности које се шаљу као излаз функције
    „petlja“. Ове вредности представљају референтне брзине мотора 1 и мотора 2.
```

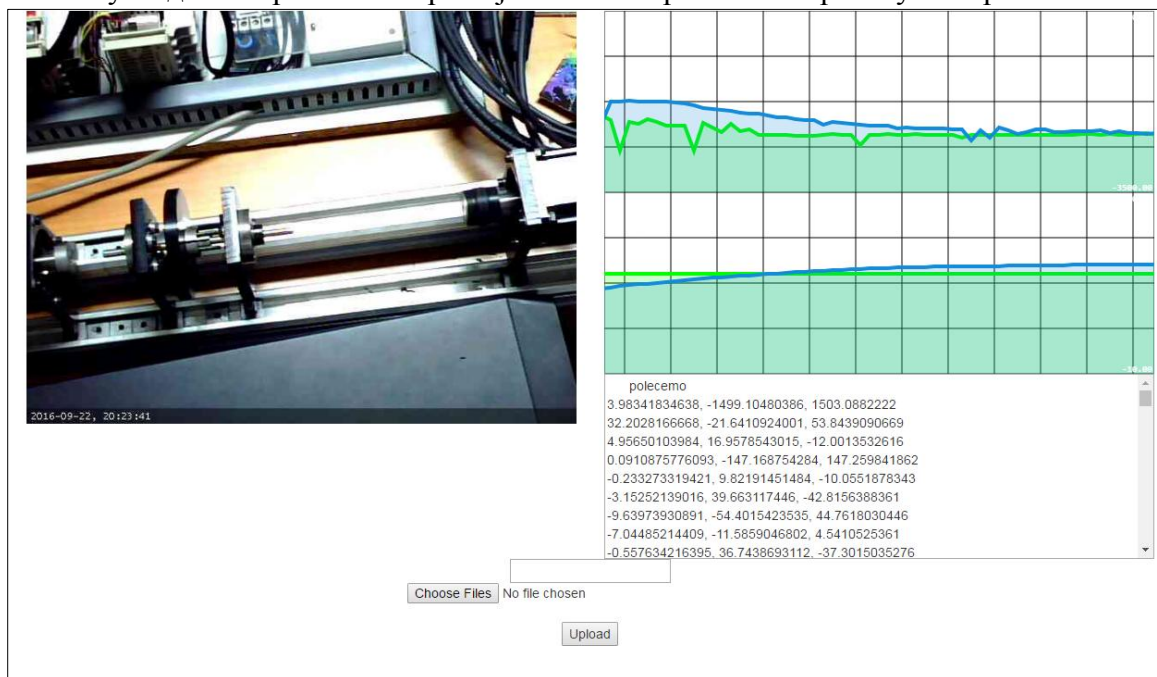
Овај код без коментара је могуће наћи у додатку C1.1 овог рада.

Овако исписана датотека се може послати на ВЕБ лабораторију и након тога је потребно сачекати учитавање и пратити резултате.



Слика 73. Избор датотеке

На слици 73 је приказан изглед прозора када се врши избор датотеке коју је потребно послати на ВЕБ лабораторију. Да би се реализовао овај приказ потребно је курсором миша кликнути на дугме „Choose Files“. После тога се јавља приказ као на слици. У малом прозору се изабере датотека, и након избора курсором миша се кликне на дугме „Open“. У малом правоугаонику се појављује назив датотеке која је изабрана и када је име исписано могуће је кликнути на дугме „Upload“ како би се датотека послала ВЕБ серверу. После извршавања ове акције потребно је сачекати пар секунди и после тога ће уследити обртање мотора које се може пратити на приказу камере.



Слика 74. Праћење управљања лабораторијским системом

На слици 74 је приказан изглед главне странице ВЕБ модела интегрисаног у ВЕБ лабораторију у току управљања лабораторијским моделом. Вредности брзина мотора и управљања су исцртаване на графицима са десне стране приказа, док су тренутне вредности исписиване у пољу испод графика. Вредности које се исписују су вредности у свакој периоди одабирања.

8. Закључак

Циљ рада је био опис развоја лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона и интеграција истог у ВЕБ лабораторију чије је софтверско техничко решење описано у [8]. Рад обухвата и доприносе мр Мирослава Равлића и Ненада Бабајића у развоју овог лабораторијског модела. Отуда развој лабораторијског модела није кренуо од "нуле", али је трпео и ограничења услед претходног избора опреме и извршених спајања.

С обзиром да на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу не постоји предмет који се бави електричним машинама, овај рад ће дати допринос и у образовном смислу, тако што ће лабораторијски модел користити у настави других предмета попут Пројектовања САУ, Индустријски рачунарски системи, и сл. Исто тако, у оквиру овог рада постављене су ВЕБ стране лабораторијског модела које омогућавају релевантне информације, упутства и експериментисање путем Интернета.

Посебна пажња је посвећена, да лабораторијски модел за кориснике у његовој непосредној близини буде безбедан за коришћење. Вођено је рачуна о личној безбедности како и људи у окружењу, тако и самог окружења и инвентара лабораторије. Коришћени су добро изоловани каблови ради заштите од могућег струјног удара, а што се тиче режима рада и могућег ризика од механичких утицаја лабораторијског модела на окружење, улазни напони и брзине су ограничене, док је у режиму рада у оквиру ВЕБ лабораторије лабораторијски модел распрегнут у механичком смислу и може се посматрати као два независна електромоторна погона расположива и за спрегнуте и за независне експерименталне задатке.

Лабораторијски модел је интегрисан у ВЕБ лабораторију и одатле је могуће управљати њиме и преузимати експерименталне податке. Поред тога овај модел треба у будућем периоду бити интегрисан и на <http://www.golabz.eu>[13]. Омогућен је и надзор путем Интернета у смислу праћења рада система путем камера, релевантних дијаграма и исписивањем бројних вредности праћених сигнала. На овај начин, корисник експеримента не мора бити физички присутан у лабораторији, јер може извршавати експерименте путем Интернета. Поред тога, ВЕБ портал лабораторијског модела је информативан за корисника експеримента (има улогу и портала за електронско учење, а ту су и упутства како се спроводи експеримент путем Интернета, опис лабораторијског модела, и слично). Предложен је и сет лабораторијских вежби који свакако временом може бити прошириван.

Кориснику је омогућено да унапреди знања о моторима, начину њиховог повезивања у систем, могућностима и управљању и надзору. Поред овога кориснику је објашњен и начин повезивања лабораторијског система са ВЕБ лабораторијом, тако да је корисник у могућности да имплементира свој модел на ВЕБ лабораторију и њиме управља на даљину.

9. Литература

- [1] Slobodan N. Vukosavic, Milic R. Stojic: „Suppression of Torsional Oscillations in a High-Performance Speed Servo Drive“, *IEEE Transactions on industrial electronics*, Vol. 45, No. 1, 1998
- [2] Љубиша Драгановић: „Пројектовање система аутоматског управљања“, Лола институт, Београд, 2000
- [3] Слободана Н. Вукосавић: „Електричне машине“, Електротехнички факултет, Београд, 2010
- [4] Ненад Бабајић: „Лабораторијски моделе електро моторног погона – опис, резултати и идентификација“, Извештај, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013
- [5] Sigma II Series Servo System User's Manual
- [6] Sigma II Series SGMBH/SGDH User's Manual
- [7] <https://nodejs.org/en/> ,преузето 10.07.2016
- [8] Никола Јовић: „Пројектовање ВЕБ лабораторије за образовне потребе програмирања и употребе ФПГА“, мастер рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2016
- [9] DEVICE SPECIFICATIONS NI 6229 M Series Data Acquisition
- [10] USER GUIDE NI CB-68LP
- [11] Low-Cost M Series Multifunction Data Acquisition
- [12] DAQ Accessories Selection Guide
- [13] <http://www.golabz.eu> 20.08.2016
- [14] <http://cpa.fin.kg.ac.rs/BEBlab/index#/> 03.09.2016

Додатак

A1. Табела ознака жица у конектору CN 1

У табели су приказани редни бројеви и боје жица које су повезане на конектор CN1 серво појачавача. Како конектор садржи 50 жица, све жице су обојене са две боје. Једна боја је дуж целе жице, а друга боја представља маркер, који је у облику тачке на жици. У табели је поред боје жице написан назив терминала на који се жица конектује као и кратак опис тог терминала.

Редни број	Ознака контакта	Боја	Обележје	Маркер	Опис
1	SG	жута	црна	3	GND
2	SG	розе	црна	4	GND
3	PL1	жута	црвена	цела	Референтни напон са отвореног колектора
4	SEN	розе	црвена	4	SEN улазни сигнал
5	V-REF	наранџаста	црвена	1	Улаз референтне брзине
6	SG	наранџаста	црна	1	GND
7	PULS	сива	црвена	1	Улаз референтног пулса
8	/PULS	сива	црна	1	Улаз референтног пулса
9	T-REF	бела	црвена	1	Улаз референтног момента
10	SG	бела	црна	1	GND
11	SIGN	жута	црвена	1	
12	/SIGN	жута	црна	1	
13	PL2	жута	црвена	цела	Референтни напон са отвореног колектора
14	/CLR	розе	црна	1	Улаз за брисање грешки
15	CLR	розе	црвена	1	Улаз за брисање грешки
16	-	наранџаста	црвена	цела	-
17	-	наранџаста	црна	цела	-
18	PL3	розе	црвена	цела	Референтни напон са отвореног колектора
19	PCO	сива	црвена	2	Излаз са енкодера фаза С
20	/PCO	сива	црна	2	Излаз са енкодера фаза С
21	BAT (+)	сива	црвена	цела	Батерија +
22	BAT (-)	сива	црна	цела	Батерија -
23	-	бела	црвена	цела	-
24	-	бела	црна	цела	-
25	/V-CMP+	наранџаста	црвена	2	Излаз сличности брзине
26	/V-CMP-	наранџаста	црна	2	Излаз сличности брзине
27	/TGON+	бела	црвена	2	Излаз када је момент укључен
28	/TGON-	бела	црна	2	Излаз када је момент укључен
29	/S-RDY+	жута	црвена	2	Излаз серво спреман
30	/S-RDY	жута	црна	2	Излаз серво спреман

Развој лабораторијског модела спрегнутих електромоторних погона за надзор и
управљање путем Интернета

31	ALM+	розе	црвена	2	Излаз серво у аларму
32	ALM-	розе	црна	2	Излаз серво у аларму
33	PAO	наранџаста	црвена	3	Излаз са енкодера фаза А
34	/PAO	наранџаста	црна	3	Излаз са енкодера фаза А
35	PBO	сива	црна	3	Излаз са енкодера фаза В
36	/PBO	сива	црвена	3	Излаз са енкодера фаза В
37	ALO1	бела	црвена	3	Код аларма излаз
38	ALO2	бела	црна	3	Код аларма излаз
39	ALO3	жута	црвена	3	Код аларма излаз
40	/S-ON	розе	црвена	3	Серво укључен улаз
41	/P-CON	розе	црна	3	Улаз Р појачања
42	P-OT	наранџаста	црвена	4	Прекорачење кретања у напред
43	N-OT	наранџаста	црна	4	Прекорачење кретања у назад
44	/ALM-RST	сива	црна	4	Улаз за ресетовање аларма
45	/P-CL	бела	црвена	4	Ограничавање струје за кретање у напред
46	/N-CL	бела	црна	4	Ограничавање струје за кретање у назад
47	+24V IN	сива	црвена	4	Улаз спољашњег напајања 24 V
48	PSO	жута	црвена	4	Излаз са енкодера фаза S
49	/PSO	жута	црна	4	Излаз са енкодера фаза S
50	-	розе	црна	цела	-

B1. HTML код странице на микросерверу

У овом прилогу је дат комплетан код којим се уређује изглед и функција странице микросервера. У коду се прво дефинишу скрипте које су неопходне за рад кода, а након тога се дефинише величина приказа. После тога се дефинишу објекти који се користе на страници, а уједно и њихова величина. Објектима се после тога додељује функција као и веза са вредностима које шаље главна датотека.

```
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>БЕБ Laboratorija</title>
  <script src="https://cdn.socket.io/socket.io-1.3.7.js"></script>
  <script src="https://code.jquery.com/jquery-1.11.3.min.js"></script>
  <script src="http://smoothiecharts.org/smoothie.js"></script>
  <link rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/css/bootstrap.min.css">
  <style>
    .container{
      height: 600px;
    }
    #python {
      width: 100%;
      min-height: 200px;
      max-height: 400px;
      resize: none;
    }
  </style>
</head>
<body>
  <div class="container-fluid">
    <div id='proba'></div>
    <div id='sifra'></div>
    <div class = "col-md-6 col-xs-6 col-sm-6 ">
      <img class = 'center-block img-responsive piksela300' src =
"http://147.91.203.63:8081/video.mjpg?qJasmina=30&fps=33"></img>
    </div>
    <div class = "col-md-6 ">
      <canvas id="grafik" width="400" height = "300"></canvas>
    </div>
    <div class = "col-md-6 ">
      <canvas id="grafik2" width="400" height = "300"></canvas>
    </div>
    <div id = "grafikDiv" class = "col-md-6 ">
      <textarea id="python" readonly>
    </textarea>
    </div>
    <div class = "row text-center">
      <div class = "col-md-4">
    </div>
      <div class = "col-md-4">
```

```
<form id = "uploadForma" action = "/lab/upload/proba" enctype="multipart/form-
data" method="post">
  <input type="text" name="title">
  <input type="file" name="upload" multiple="multiple"><br>
  <input type="submit" value="Upload">
</form>
</div>
<div class = "col-md-4">
</div>
</div>
</div>
<script>
$( "#grafik" ).attr( "width", $( "#grafikDiv" ).width() );
$( "#grafik" ).attr( "height", $( "#python" ).height() );
$( "#grafik2" ).attr( "width", $( "#grafikDiv" ).width() );
$( "#grafik2" ).attr( "height", $( "#python" ).height() );
var k = 0;
var upload = false;
var izlaz1 = new TimeSeries();
var izlaz2 = new TimeSeries();
var ulaz1 = new TimeSeries();
var ulaz2 = new TimeSeries();
var chart = new SmoothieChart({grid:{fillStyle : 'transparent', strokeStyle:
'#00000000', verticalSections: 4}, minValue: -3500, maxValue: 3500, interpolation : 'linear'});
chart.addTimeSeries(izlaz1, { strokeStyle: 'rgba(0, 255, 0, 1)', fillStyle: 'rgba(0, 255, 0,
0.2)', lineWidth: 4 });
chart.addTimeSeries(izlaz2, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle: 'rgba(20,
140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
//chart.addTimeSeries(ulaz, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle: 'rgba(20,
140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart.streamTo(document.getElementById("grafik"), 500);

var chart2 = new SmoothieChart({grid:{fillStyle : 'transparent', strokeStyle:
'#00000000', verticalSections: 4}, minValue: -10, maxValue: 10, interpolation : 'linear'});
//chart2.addTimeSeries(izlaz2, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle:
'rgba(20, 140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart2.addTimeSeries(ulaz1, { strokeStyle: 'rgba(0, 255, 0, 1)', fillStyle: 'rgba(0, 255, 0,
0.2)', lineWidth: 4 });
chart2.addTimeSeries(ulaz2, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle: 'rgba(20,
140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
//chart.addTimeSeries(ulaz, { strokeStyle: 'rgba(20, 140, 220, 1)', fillStyle: 'rgba(20,
140, 220, 0.2)', lineWidth: 4 });
chart2.streamTo(document.getElementById("grafik2"), 500);

var socket = io.connect('http://147.91.203.63:3011/client-lab')
socket.on('proba', function(message) {
  izlaz1.append(new Date().getTime(), message.y1);
  izlaz2.append(new Date().getTime(), message.y2);
  ulaz1.append(new Date().getTime(), message.u1);
  ulaz2.append(new Date().getTime(), message.u2);
```

```
});  
socket.on('sifra', function(sifra){  
    $('#sifra').text(sifra);  
});  
socket.on('Jel si tu?', function(){  
    console.log("Tu sam");  
    socket.emit('Jesam');  
});  
socket.on('python', function(message) {  
    $('#python').append(message);  
});  
socket.on('kraj', function(){  
    socket.disconnect();  
    $('#uploadForma').hide();  
    $('#proba').text('Kraj vežbe!');  
});  
socket.on('vreme', function(vreme){  
    $('#proba').text('Preostalo vreme: ' + Math.floor(vreme/60) + 'm' + vreme % 60 + 's');  
});  
$(window).resize(function(){  
    $('#grafik').attr("width",$("#grafikDiv").width());  
    $('#grafik').attr("height",$("#python").height());  
    $('#grafik2').attr("width",$("#grafikDiv").width());  
    $('#grafik2').attr("height",$("#python").height());  
});  
$('#uploadForma').submit(function(){  
    upload = true;  
});  
</script>  
</body>  
</html>
```

C1. Python код главне датотеке

Код који је написао администратор лабораторије, који служи за комуникацију микросервера и модела је приказан у наставку. У првом делу кода налазе се команде за учитавање библиотека које имају улогу у комуникацији, позивању функција за рачунање, учитавање времена и слично. Након тога врши се иницијализација променљивих које ће бити коришћене током свих прорачуна и размене података. У наредном блоку команди налазе се кодови за читање и упис вредности са NI карте и те вредности се уписују у променљиве. Крајњи део кода врши комуникацију са микросервером и са скриптом коју корисник креира. Из корисничке скрипте преузима функцију и врши прорачуне, а резултате прорачуна шаље микросерверу. Те податке микросервер користи за исцртавање графика.

```
#ucitavanje potrebnih biblioteka
import Ni6008DAQ as daq #biblioteka za citanje sa A/D-D/A konvertera
import time #biblioteka za vreme
import math #biblioteka sa matematickim funkcijama (potrebno zbog sinusoide)
from skripta import * #ucitavanje programa koji je student napisao
from socketIO_client import SocketIO, BaseNamespace #konekcija sa serverom
socket = SocketIO('127.0.0.1', 3011) #uspostavljanje konekcije sa serverom
sio = socket.define(BaseNamespace, '/python')
#sio.emit('pyConnect', '') #obavestavanje servera da je konekcija uspostavljena
i = 0 #inicijalizacija promenljivih
u = 0
prom = {}
podesavanje(prom)
print('polecemo')
def ulaz(vrednost): #skaliranje ulaza D/A konvertera
    vrednost1 = vrednost[0]

    vrednost2 = vrednost[1]
    vrednost1 = max(min(vrednost1,5),0)
    vrednost2 = max(min(vrednost2,5),0)
    daq.SetAO("Dev1",0,vrednost1)
    daq.SetAO("Dev1",1,vrednost2)
    return None
def izlaz(): #citanje sa A/D konvertera
    y=[]
    y.append(daq.ReadAIChanal("Dev1",0)*1000)
    y.append(daq.ReadAIChanal("Dev1",1)*1000)
    return y

ulaz([0,0]) #nuliranje ulaza
time.sleep(5) #pauza od 5 sekundi
perioda = prom['perioda']
konacnoVreme=prom['konacnoVreme']
trenutnoVreme = time.clock()
while i<konacnoVreme: #vreme trajanja eksperimenta 20 sekundi
    trenutnoVreme = time.clock()
```

```
y = izlaz() #citanje ulaza, invertuje
u = petlja(i, y, prom) #pokretanje studentovog programa
ulaz(u) #slanje rezultata D/A konverteru
sio.emit('python', {'y1' : y[0], 'y2' : y[1], 't' : i, 'u1' : u[0], 'u2' : u[1]}) #slanje
podataka
while time.clock()-trenutnoVreme < perioda:
    pass
    i+=perioda
print 'Kraj programa!'
ulaz([0,0]) #nuliranje ulaza
sio.emit('kraj');
```

C1.1. Python код корисничке датотеке

У овом додатку ће бити исписан код који корисник уписује при управљању брзине мотора, у случају када је један мотор главни, а други пратећи. Конкретан пример врши управљање тако да други мотор прати понашање првог мотора.

```
def podesavanje(prom):
    prom['konacnoVreme']=60
    prom['perioda']=0.2
    prom['upravljanje']=0

def petlja(t,y,prom):
    zeljenaBrzina = y[0]
    greska = zeljenaBrzina - y[1]
    prom['upravljanje'] -= greska*0.0001
    print(str(y[0])+' ', '+str(y[1]) + ', '+str(greska))
    return (1,prom['upravljanje'])
```