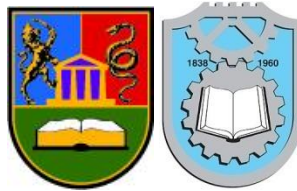


Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Електротехника са електроником

Број индекса: 95/2011

Никола Г. Живковић

**NI ELVIS II тренинг платформа са једносмерним
мотором**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Јасна Радуловић, редовни професор - ментор

2. др Весна Ранковић, редовни професор

Датум одбране: _____

3. др Петар Тодоровић, ванредни професор

Оцена: _____

Крагујевац, 2016.

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

* опише NI ELVIS II систем

* опише QNET плочу са једносмерним мотором

* уради примере задавања брзине обртања мотора и позиције мотора на наведеном лабораторијском моделу

Препоручена литература:

[1] Ј. Радуловић: Електротехника са електроником, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011. год.

[2] *NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISTM II Series) User Manual*, Јун 2011

[3] *DC Motor Control Trainer (DCMCT) User Manual*

Ментор:

Крагујевац, 2016.

др Јасна Радуловић, редовни проф.

Abstract

Basic concepts and elements of Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS II) with DC Motor Control Trainer are presented in this work. NI ELVIS is primary component of NI platform for laboratory work and education, in combination with NI Multisim and NI LabVIEW software.

The second chapter is dedicated to whole system and its components, characteristics, schemes and guides for setting up the system. Basic concept of NI ELVIS II system is presented in 3th chapter and the last chapter is dedicated to practical examples implemented on NI ELVIS II for motor speed control and motor position.

Key words: *NI ELVIS, DC motor, LabVIEW*

Резиме

У овом раду су описани основни елементи и начело рада едукацијског лабораторијског виртуелног инструмента (NI ELVIS II) са једносмерним мотором. NI ELVIS је примарна компонента NI платформе за лабораторијски рад и едукацију, у комбинацији са NI Multisim и NI LabVIEW софтвером.

У другом поглављу рада је детаљно описан систем, његове компоненте, карактеристике, шеме, као и упутства за подешавање. Затим је дат основни концепт NI ELVIS II система, док је у четвртом поглављу приказан пример коришћења NI ELVIS-а за потребе контролисања брзине обртања мотора и позиције мотора.

Кључне речи: *NI ELVIS, једносмерни мотор, LabVIEW*

Садржај:

1. Увод	6
2. Опис система	7
2.1 DCMCT компоненте	8
2.1.1 Мотор једносмерне струје	8
2.1.2 Импулсно-ширинска модулација (PWM)	9
2.1.3 Мерење струје	9
2.1.4 Дигитална позиција: Оптички енкодер	9
2.1.5 Аналогно мерење брзине: Тахометар	9
2.1.6 Осигурач	10
2.1.7 QNET напајање	10
2.2 Системска шема	10
2.3 Карактеристике	11
2.4. Услови рада (Окружење)	12
2.5 Упутство за подешавање	12
2.5.1 Подешавања QNET и NI ELVIS I система	13
2.5.1.1 Компоненте NI ELVIS II система	13
2.6 Подешавања QNET и NI ELVIS I система	14
2.6.1 Компоненте NI ELVIS I система	14
2.6.2 Процедура подешавања NI ELVIS I система	15
2.7 Инсталација и калибрација система	16
2.7.1 Инсталација NI ELVIS система	16
2.7.2 Инсталација LabVIEW i NI-DAQmx софтвера	16
2.8 Калибрација NI ELVIS система	17
2.8.1 Калибрација картице за аквизицију	17
2.8.2 Калибрација главне јединице	18
3. Основни концепти NI ELVIS II система	19

3.1 Виртуелна инструментација	19
3.2 Data Acquisition (DAQ) системи (хардвер и софтвер)	19
3.3. Архитектура NI ELVIS II система	20
3.3.1 Уређаји за прикупљање података	21
3.4 Главна јединица	22
3.4.1 Предњи панел јединице	22
3.4.2 Задњи панел јединице	24
3.4.3 Доњи панел јединице	25
4. Пример коришћења NI ELVIS-а за потребе контролисања брзине обртања мотора	26
4.1 Поставка експеримента	27
4.2 Калибрација мотора	27
4.3 Апликација за задавање и мерење брзине	30
4.4 Извођење експеримента	33
4.5 Пример коришћења NI ELVIS-а	34
4.5.1 Апликација	35
4.5.2 Извођење експеримента	36
5. Закључак	38
ЛИТЕРАТУРА	39

1. Увод

У овом раду су описани основни елементи и начело рада едукацијског лабораторијског виртуалног инструмента (NI ELVIS II) са једносмерним мотором. Quanser QNET мотор једносмерне струје је свестран серво систем дизајниран за учење и показивање основа контроле серво мотора на различите начине. Намењен је за NI ELVIS платформе и лако се може конфигурисати за контролу позиције мотора и брзине.

NI ELVIS II се састоји од радне станице, прототип плоче, Data Acquisition (DAQ) уређаја и напредног софтвера. NI ELVIS (*National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) је мултидисциплинарна платформа која се може користити за едукацију у области основних концепата дизајна електричних кола, инструментације, контроле, телекомуникација и микроконтролера, са применом у многим гранама модерног инжењерства (физика, електроника, машинство, ваздухопловство, информатика итд.).

NI ELVIS је примарна компонента NI платформе за лабораторијски рад и едукацију, у комбинацији са NI Multisim и NI LabVIEW софтвером. Процес би тако почињао од симулације стварног процеса у Multisim-у, преко креирања прототипа реалног кола на ELVIS-у и завршавао се упоређивањем реалних решења са онима добијеним из LabVIEW-а. Садржи дванаест најчешће коришћених лабораторијских инструмената у јединственој платформи, укључујући осцилоскоп, дигитални мултиметар (DMM), генератор функција, варијабилни извор напона, анализатор динамичког сигнала (DSA), Бодеов анализатор, двоканални и троканални струјно-напонски анализатор, генератор таласних функција и анализатор импедансе. [1]

Сви елементи су као виртуелни инструменти (Virtual Instruments odnosno VIs) подложни модификацијама из графичког интерфејса LabVIEW-а тако да тачно испуне захтеве пројектанта. LabVIEW програмирање се базира на принципу блок дијаграма и тако пружа флексибилност при мерењима.

И коначно, главна јединица NI ELVIS II система се на рачунар везује на USB порт, без много подешавања или додатног неопходног хардвера, чиме омогућава лаку аквизицију података, али и миграцију самог NI ELVIS II система на други рачунар.

2. Опис система

Тренажер са једносмерним мотором (*DCMCT - The DC Motor Control Trainer*) је свестрана јединица дизајнирана за учење и показивање основа контроле серво мотора на различите начине. Систем може бити конфигурисан да контролише позицију мотора и брзину. Конкретно, систем може да се користи за подучавање основа PID контроле. Ово се ради помоћу рачунара са могућностима контроле у реалном времену или било да се ради у NI ELVIS I или NI ELVIS II. У даљем раду детаљно је описан хардвер на *DCMCT*-у, шема хардверских компоненти, спецификације, LabVIEW савети при коришћењу QNET VI. На *Слици 1.* приказан је QNET Тренажер са једносмерним мотором.[2]



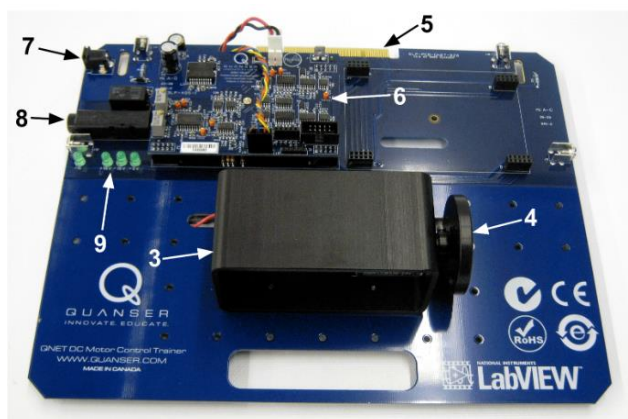
Слика 1: QNET Тренажер са једносмерним мотором (DCMCT)

2.1 DCMCT компоненте

Компоненте које обухватају тренажер са једносмерним мотором су означене на *Сликама* 2. и 3. и описане у *Табели* 1.

Табела 1: Називи компонената DCMCT система

Број	Опис
1	Мотор једносмерне струје
2	Енкодер високе резолуције
3	Метално кућиште мотора
4	Инерцијалнооптерећење
5	PCI конектор који повезује NI ELVIS и QNET модул
6	Плоча QNET енкодера
7	QNET утичница 24V
8	Осигурач
9	+B, +15V, -15V, +5V LEDs



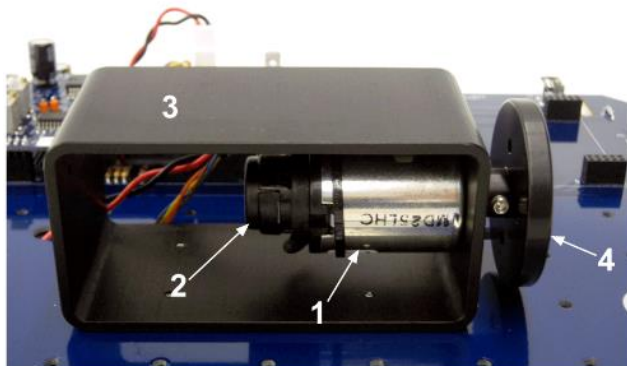
Слика 2. Општи изглед QNET DCMCT

2.1.1 Мотор једносмерне струје (DC Motor)

Мотор једносмерне струје од 12 V садржи 5 делова комутатора, 64 намотаја по полу и има флуks у облику прстена. Кулоново трење мотора одговара напону између 0,5 V и 1,5 V.[3]

2.1.2 Импулсно-ширинска модулација (PWM)

PWM појачавач се користи за погон мотора. Улаз појачавача је излаз дигитално-аналогног конвертора канала #0 на DAQ. Максимални излаз појачала је 24 V. Максимална струја је 5 A а максимална непрекидна струја је 4 A. Појачање је 2,3 V/V. На *Слици 3* приказане су компоненте QNET мотора једносмерне струје.



Слика 3. Компоненте QNET мотора једносмерне струје

2.1.3 Мерење струје

Мерење струје је доступно на аналогно-дигиталном каналу #0. Врши се преко шантотпорника од 0.1 Ω и повезано је са излазом PWM појачавача. Вредност која се добија на овом улазу одговара вредности од 1.0 V/A. .[9]

2.1.4 Дигитална позиција: Оптички енкодер

Дигитална позиција мерења добијена је коришћењем оптичког енкодера високе резолуције. Овај оптички енкодер је директно постављен на полеђину мотора. Број мерења енкодера је могуће видети на дигиталном улазу канала #0 DAQ-а.

2.1.5 Аналогно мерење брзине: Тахометар

Аналогни сигнал сразмеран брзини мотора доступан је на аналогно-дигиталном улазу канала #4 на DAQ-у. Дигитално је изведен из кодера сигнала на QNET DCMCT плочи.

2.1.6 Осигурач

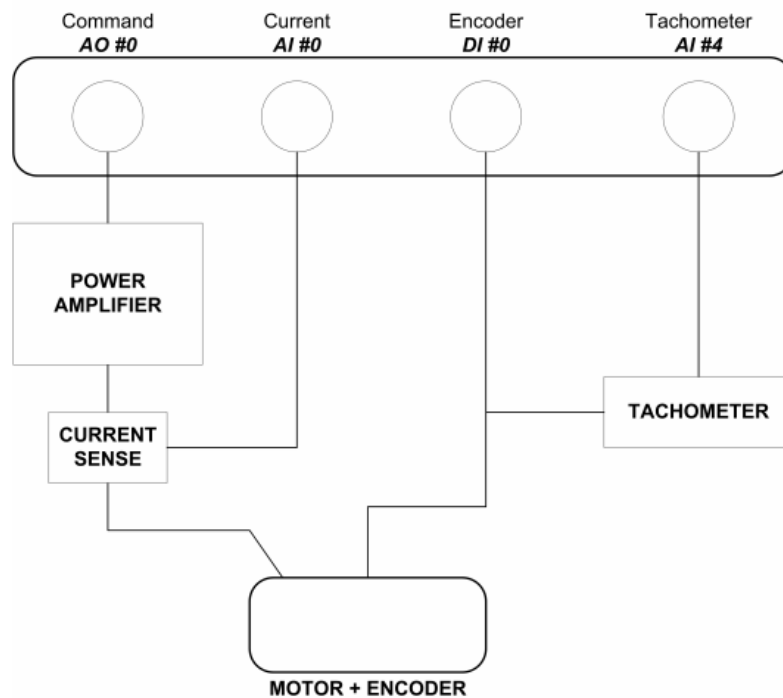
Снага QNET појачавача је 250 V, а осигурач који штити систем је вредности 3 A.

2.1.7 QNET напајање

Тренажер са једносмерним мотором има прикључак за напајање од 24 V која се налази на плочи PWM појачавача. То се назива QNET напајање. +V лед диода на QNET табли светли зеленом бојом када је појачавач укључен.

2.2 Системска шема

Системска шема је приказана на *Слици 4.* где је једносмерни мотор повезан са уређајем за прикупљање података.



Слика 4. Системска шема DCMCT-а.

2.3 Карактеристике

Карактеристике DCMST система су дате у Табели 2. [9]

Табела 2. Карактеристике тренажера са једносмерним мотором и спецификација PWM појачала

Симбол	Опис	Вредност	Јединица
Мотор			
R_m	Отпор мотора	8.7	Ω
K_t	Обртни момент мотора	0.03334	N·m
K_m	Електромоторна сила мотора	0.03334	V/(rad/s)
J_m	Момент инерције мотора	1.80×10^{-6}	kg·m ²
	Максимални обртни момент	0.10	N·m
	Максимална снага	20.0	W
	Максимална вредност струје	1.0	A
M_l	Маса диска	0.033	kg
r_l	Радиус	0.0242	m
PWM појачавач			
V_{max}	Максимални излазни напон PWM појачавача	24	V
	Максимална излазна струја PWM појачавача	5	A
	Појачање PWM појачавача	2.3	V/V

У Табели 3. Приказане су спецификације сензора тренажера са једносмерним мотором.

Табела 3. Спецификација сензора тренажера са једносмерним мотором

Опис	Вредност	Јединица
	Струјни показатељи:	
Калибрација	1.0	A/V
Струјни отпорник	0.1	Ω
	Енкодер мотора	
Број обртаја	360	lines/rev
Резолуција	0.25	deg/count
Тип енкодера	TTL	
Сигнали	A,B	
	Тахометар	
Калибрација на QNET A/D улазу	2987	RPM/V

2.4. Услови рада (Окружење)

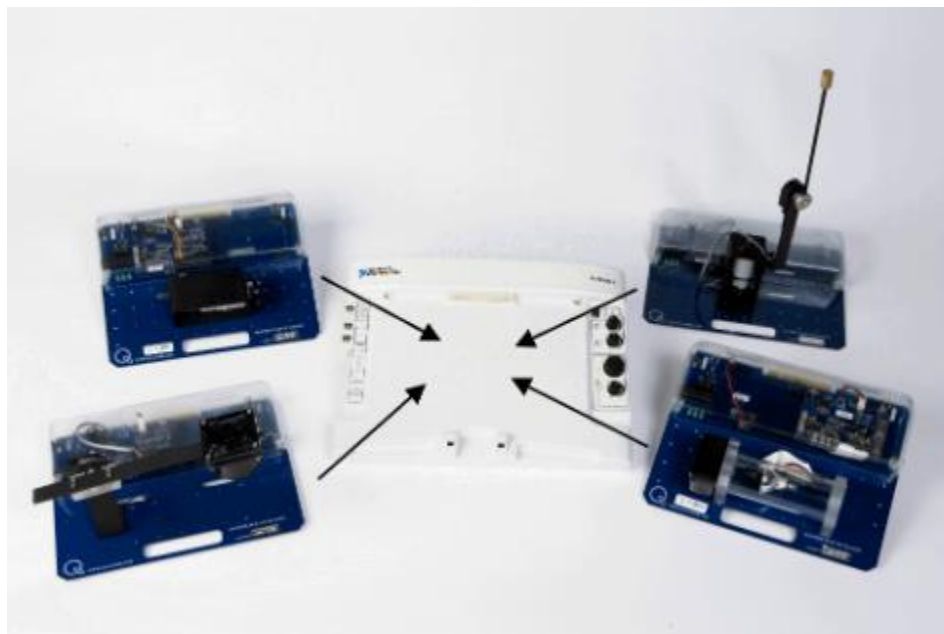
Услови рада у којима DCMST ради су приказани у *Табели 4*. Уколико се DCMST не користи у стандардизованим условима, крајњи резултати могу бити погрешни.

Табела 4. Услови рада у којима DCMST оперише.

Опис	Вредност	Јединица
Радна температура	15-35	°C
Влажност	25-90	%

2.5 Упутство за подешавање

На Слици 6. је приказан пример конектовања QNET плоче на NI ELVIS систем. У **овом** делу ће бити детаљно приказана процедура за коришћење QNET-а са NI ELVIS II системом, док ће у секцији 2.6 бити приказана упутства за подешавање при коришћењу NI ELVIS I платформе.



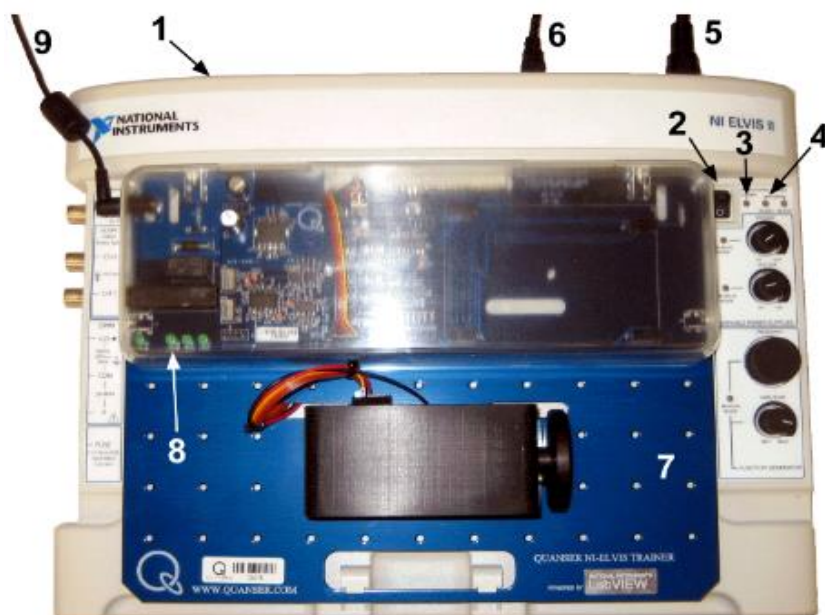
Слика 6. Пример конектовања QNET-а

Напомена: Позиционирати ELVIS II тако да буде приступачно лако искључивање. Ако се опрема не користи на правилан начин, може доћи до смањења заштите коју обезбеђује опрема.

2.5.1 Подешавања QNET и NI ELVIS II система

У овом делу је приказана процедура за инсталацију QNET модула на NI ELVIS II. На *Слици 7.* је приказан пример инсталираног система користећи QNET DCMCT модул. Делови ELVIS II система такође су приказани на *Слици 7.* и означени су одговарајућим бројевима који су приказани у *Табели 5.*

2.5.1.1 Компоненте NI ELVIS II система



Слика 7. ELVIS II компоненте

Табела 5. Делови ELVIS II и QNET-а

Број	Опис
1	ELVIS II
2	Прекидач за покретање
3	ЛЕД диода– индикација да је ELVIS II систем укључен
4	ЛЕД диода која приказује да је QNET систем спреман за рад
5	Кабл за напајање
6	USB конекција између рачунара и ELVIS II
7	QNET DCMCT
8	ЛЕД диода QNET-а
9	Кабл за напајање QNET-а

2.6 Подешавања QNET и NI ELVIS I система

У овом делу је приказана процедура за инсталацију QNET модула на NI ELVIS I. На *Слици 10.* је приказан пример инсталираног система користећи QNET DCMCT модул. У овом раду се користи NI ELVIS II платформа, али приказане су и опис NI ELVIS I система, за случај да је потребно користити QNET DCMCT модул на овој платформи. [7]

2.6.1 Компоненте NI ELVIS I система

Делови ELVIS I система такође су приказани на *Слици 10.* и означени су одговарајућим бројевима који су приказани у *Табели 6.*



Слика 10. ELVIS I компоненте

Табела 6. Делови ELVIS I и QNET-а

Број	Опис
1	ELVIS I
2	Прекидач за покретање
3	Прекидач за покретање комуникације
4	Кабл за напајање
5	68-Pin E-Series or M-Series DACB кабл
6	QNET DCMCT
7	Кабл за напајање QNET-а

2.6.2 Процедура подешавања NI ELVIS I система

QNET табла се поставља на NI ELVIS I систем слично као и у случају NI ELVIS II система, према следећим инструкцијама:

Напомена: Не вршити следеће инструкције док је систем прикључен на напајање.

1. Поставити мали отвор на предњој страни QNET табле преко NI ELVIS I носача.
2. Прикључити PCI конекторе QNET модула и NI ELVIS I. Обратите пажњу да је правилно повезано.
3. Укључити NI ELVIS I кабл за напајање, број 4. на *Сл. 10*.
4. Повезати QNET кабл за напајање као што је приказано на *Сл. 10*. број 7.
5. Обезбедити да Prototyping Board Power прекидач (број 2.) буде на „ОФФ“ позицији и да Communications прекидач (број 3.) буде на „БАЈПАС“ позицији.
6. Укључити NI ELVIS I притискањем дугмета у положај 1, на прекидачу за покретање, са задње стране.
7. Покренути Prototyping Board Power прекидач, број 2. на *Слици 7*.

Напомена: Обратите додатну пажњу при покретању QNET модула да не дође до оштећења.

8. System Power, Prototyping Board и Communications LED индикатори треба да светле.
9. Проверити да +15V, -15V, +5V и +В ЛЕД индикатори светле на QNET модулу, као што је приказано на *Слици 9*. Они показују да је табла исправно повезана са ELVIS јединицом.

2.7 Инсталација и калибрација система

У овом делу ће бити описано повезивање физичких елемената система, као и инсталација и конфигурација софтверског дела. [4]

2.7.1 Инсталација NI ELVIS система

Потребан хардвер:

1. NI ELVIS главна јединица
2. USB кабл (Б типа)
3. Напонски кабл
4. Рачунар

Потребан софтвер:

1. LabVIEW верзије 7.1 или новија;
2. NI-DAQmx верзије 8.1 или новија;
3. NI ELVIS Traditional softver, најновија верзија се налази на www.ni.com/downloads

Фабричка упутства и документација (са www.ni.com/manuals):

- Where to start with NI ELVIS;
- NI Educational Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) Hardware User Manual;
- NI-DAQmx for USB Devices Getting Started Guide;
- DAQ Getting Started Guide;
- E/M Series DAQ device documentation.

2.7.2 Инсталација LabVIEW и NI-DAQmx софтвера

Основни кораци при инсталацији NI LabVIEW и NI-DAQmx софтвера.

- Инсталирати LabVIEW верзије 7.1 или више, пратећи инструкције са инсталационог диска и упутства LabVIEW Release Notes.

- Инсталирати NI-DAQmxверзије 8.1 или више, пратећи инструкције са инсталационог диска који се испоручује уз картицу.

Напомена: Софтвер је неопходно инсталирати ПРЕ повезивања DAQ уређаја, како би детекција уређаја прошла без проблема.

- Када SETUP затражи рестаровање рачунара, угасити рачунар.
- Укључити рачунар.
- Покренути Measurement and Automation Explorer (MAX) како би верификовали и правилно подесили уређај. Конфигурација уређаја у MAX-у је детаљно описана у NI-DAQmx for USB Devices Getting Started Guide или DAQ Getting Started Guide, а и у MAX Help фајловима, којима се приступа кроз мени Help → Help Topics → NI-DAQmx → MAX Help for NI-DAQmx.

Овим делом се завршава припрема рачунара за наставак инсталације ELVIS система.

2.8 Калибрација NI ELVIS система

Како су електронске компоненте попут аналого-дигиталних конвертора подложне нелинеарностима и варирањима резултата услед времена и температуре, потребно је компензовати те поремећаје, што захтева калибрацију система. За побољшање резултата NI ELVIS система, потребно је повремено калибрисати и главну јединицу и картицу за аквизицију.

2.8.1 Калибрација картице за аквизицију

Калибрација се врши по следећим корацима:

1. Покренути Measurement and Automation Explorer (MAX).
2. Отворити мени Devices and Interfaces.
3. Наћи одговарајућу M Series DAQ картицу на листи понуђених уређаја.
4. Десним кликом на њу, изабрати из контекст менија опцију Self-Calibrate.

Такође, калибрацију уређаја за аквизицију је препоручљиво изводити са укљученом главном јединицом да би EEPROM јединице био доступан за упис података о изведеној калибрацији. Познати су случајеви грешака са ранијим верзијама софтвера, где константе

калибрације нису могле да се упишу када је EEPROM недоступан, па су резултати мерења били нетачни или мање тачни, а Self-Calibration модул приказивао грешку.

2.8.2 Калибрација главне јединице

Калибрација главне јединице, односно Variable Power Supply и Function Generator инструмената, се врши из Calibration Wizard који је елемент NI ELVIS Traditional софтвера и покреће се из Start → All Programs → National Instruments → NI ELVIS 3.0 → Calibration Wizard.

Неопходно је нагласити да се калибрација може извршити само када се инструменти користе у софтверском моду.

3. Основни концепти NI ELVIS II система

Овде ће бити описани основни концепти на којима је базиран рад и архитектура NI ELVIS система, виртуелна инструментација и DAQ (Data Acquisition) ситеми.

3.1 Виртуелна инструментација

Вуртуелна инструментација (VI) се дефинише као комбинација контролног хардвера са апликацијским софтвером за мерење и управљање новим рачунарским технологијама којима се обезбеђује ефикасно креирање кориснички дефинисаних система.

Коришћењем универзалних елемената у више различитих VI система без потребе за куповином уско специјализованог хардвера или софтвера, постиже се висока ефикасност и економичност. Овакав принцип омогућава велику флексибилност у раду.

На овај начин се обезбеђује јако добар основ за практичну наставу, али и за истраживачки рад.

3.2 Data Acquisition (DAQ) системи (хардвер и софтвер)

Data Acquisition системи (слика 17.) сакупљају, мере и анализирају сигнале из окружења. Притисак, светлост, момент и температура су само неке од појава које DAQ системи могу да измере. DAQ је процес који се састоји од сакупљања и мерења електричних сигнала са конверторских јединица и слања тих података рачунару на обраду. Такође, садржи и аналогне или дигиталне излазне сигнале.[6]



Слика 17. Типични систем за аквизицију података

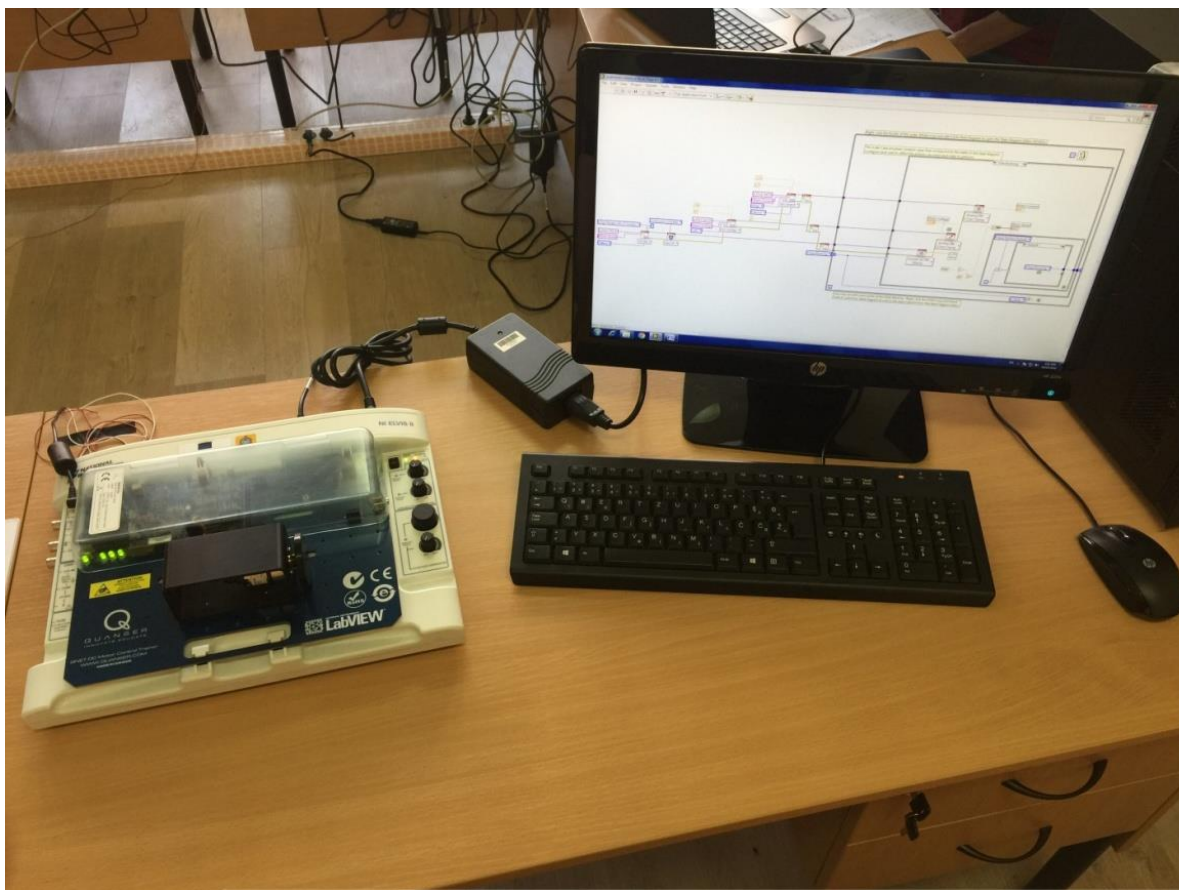
DAQ систем обухвата следеће елементе:

Сензор – јединица која неки природни догађај може да претвори у мерљиви електрични сигнал као на пример светло, температуру или звук у мерљив електрични сигнал као што су напон или струја.

1. Сигнал – излаз из сензорске јединице.
2. Манипулатори сигнала – њих везујемо на DAQ систем како бисмо изменили сигнал у форму која је погоднија за потребе самог система (појачање, линеаризација, скалирање, филтрирање).
3. DAQ хардвер – конкретна апаратура за добављање, мерење и анализу података.
4. Софтвер – програми за дизајн и програмирање апликација за мерење и контролу.

3.3. Архитектура NI ELVIS II система

На *Слици 18.* приказан је могући начин повезивања NI ELVIS II система.



Слика 18. Повезивање главне NI ELVIS II јединице на десктоп рачунар.

Приказани су рачунар, USB кабл, кабл за напајање и главна јединица. NI ELVIS II има отворену архитектуру која значајно поједностављује коришћење и обуку. NI ELVIS II је дизајниран да симулира више различитих електронских инструмената.

3.3.1 Уређаји за прикупљање података

Сврха DAQ система је да прихвате и обраде неко физичко дешавање из околине. Светлост, температура, притисак, напон и момент су само неки од типова сигнала које системи за аквизицију могу да процесуирају. Да би се извело неко мерење помоћу ових система, потребно је да постоји одређени тип конвертора одабран према типу сигнала који се посматра, како би се исти превео у формат који рачунар може да тумачи. [9]

Тако типични DAQ уређај садржи аналогне улазе за мерење електричних сигнала, као и аналогне излазе (за генерисање побуда при управљању неким системом или давање сигнала систему како би се измерио његов одзив). Такође, мултифункционални DAQ уређаји садрже и дигиталне улазе и излазе за мерење или управљање системима попут релеја.



Слика 19. DAQ уређај

Централни део једне DAQ јединице је спој два елемента која обављају поменуте процесе генерисања и читања сигнала, аналогно-дигиталног (ADC) и дигитално-аналогног конвертора (DAC). У оквиру NI ELVIS II система, уређај за прикупљање података (DAQ уређај) је интегрисан са главном јединицом. На Сlici 19. је приказан један облик DAQ уређаја, тачније картица за аквизицију сигнала NI 6008, као пример на коме се виде аналогни и дигитални улази/излази.

3.4 Главна јединица

3.4.1 Предњи панел јединице

Радна станица омогућава лако руковање командама и прикључцима приказаним на *Слици 20*.



Слика 20. Предњи панел јединице

У Табели 7. су наведени основни елементи предњег панела. Као што је приказано на слици 20 у Табели 7, предњи панел садржи основне елементе за ручну манипулацију системом. Такође је могуће и преко Soft Front Panel (SFP) виртуелних инструмената који су написани у LabVIEW коду и уграђени у ELVIS Traditional softver.

Табела 7. Основни елементи предњег панела

Број	Опис
1	NI ELVIS II плоча са DCMCT
2	Осигурач
3	Конектори дигиталног мултиметра
4	Конектори за осцилоскоп
5	Издаз генератора функција/Дигитални улаз за активирање
6	Конектор DAQ уређаја
7	Прекидач за DAQ уређај
8	LED индикатори
9	Ручне контроле за промену снаге
10	Ручне контроле генератора функција

Радна станица има следеће показатеље, контроле и конекторе:

- **USB LED**
- **Прекидач за прото плочу и LED индикаторе** (Контролише снагу на Prototyping Board)
- **Ручне контроле за промену снаге**
 - Потенциометарска контрола за подешавање позитивног напона - контролише излазни напон који је у вредности од 0 до +12 V.
 - Потенциометарска контрола за подешавање негативног напона - контролише излазни напон који је у вредности од 0 до -12 V.
- **Функције мануелне контроле**
 - Потенциометарска контрола фреквенције - Подешава фреквенцију излазног сигнала.
 - Потенциометарска контрола амплитуде - Подешава амплитуду генерисаног сигнала.

Напомена: Ове контроле су активне само када је генератор функција у ручном режиму рада. Између контролних потенциометара налази се LED индикатор режима рада генератора.

3.4.2 Задњи панел јединице

На Слици 21. приказани су елементи задњег панела јединице.



Слика 21. Задњи панел главне јединице.

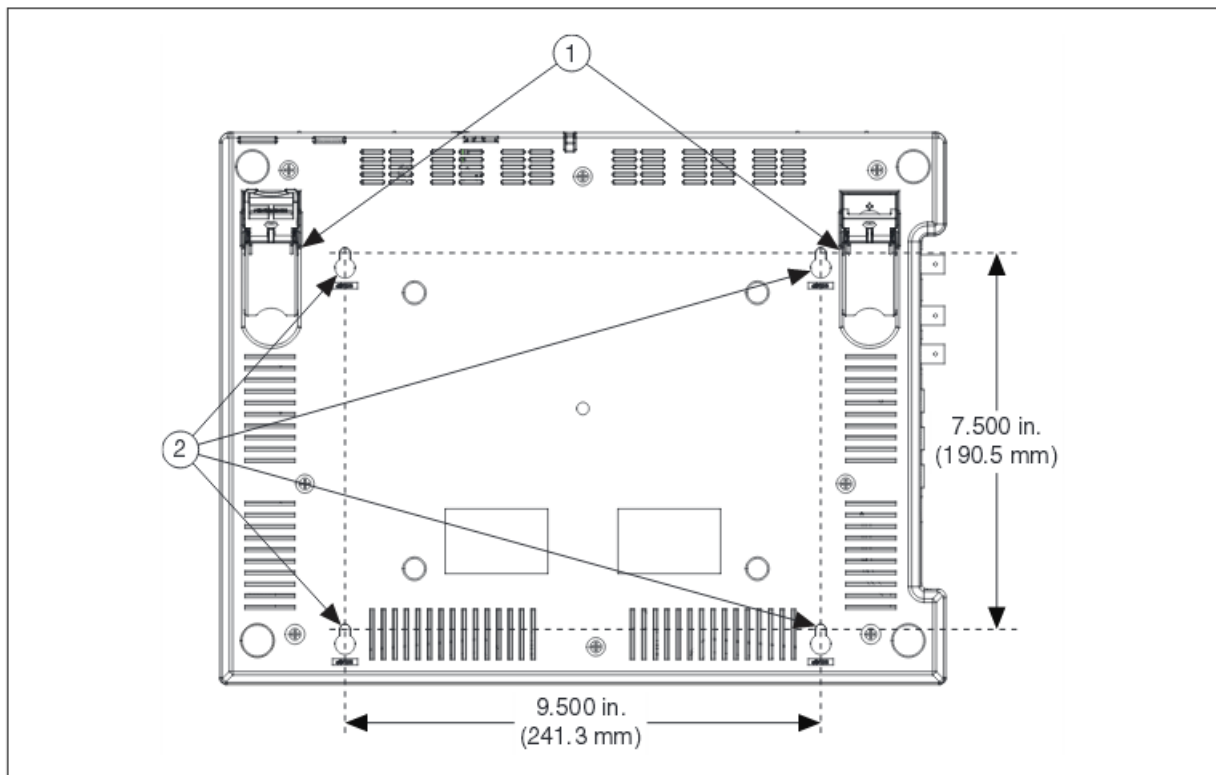
У Табели 8. представљени су елементи задњег дела панела главне јединице.

Табела 8. Елементи задњег дела панела главне јединице.

Број	Опис
1	Прекидач напајања
2	Конектор за напајање једносмерном/наизменичном струјом
3	USB улаз
4	Отвор за траку за каблове
5	Отвор за сигурносну сајлу

3.4.3 Доњи панел јединице

На Слици 22. приказан је доњи део панела.



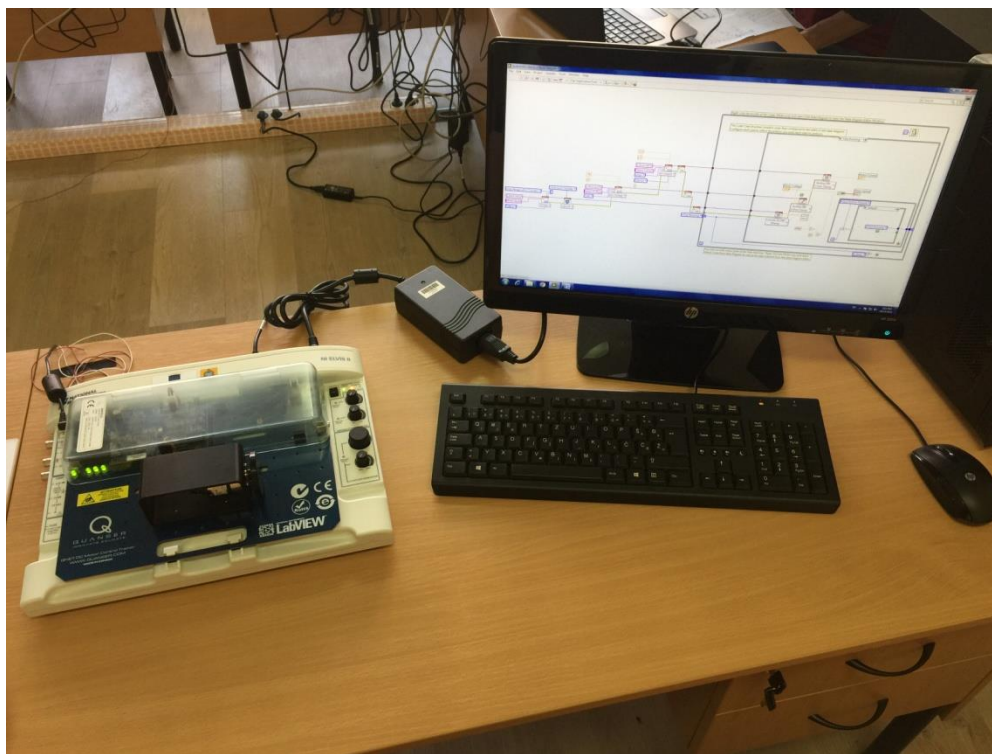
Слика 22. Приказ доњег панела јединице. 1- отвори за качење, 2- отвори за завијање

Заједно, радна станица и DAQ уређај, стварају комплетан лабораторијски систем. Радна станица омогућава повезаност и функционалност. Контролна плоча радне станице омогућава једноставно коришћење управљачких дугмади функцијског генератора и променљивог извора напајања.

4. Пример коришћења NI ELVIS-a за потребе контролисања брзине обртања мотора

Као што је наведено у уводном делу, циљ овог рада је практична примена апликације у оквиру NI ELVIS јединице како би се приказале неке од могућности овог уређаја кроз практичане примере.

Први експеримент у коме ће се користити јединица је креирање апликације помоћу које би се контролисао излазни напон из јединице услед кога се врши обртање мотора, уз истовремено прикупљање података о стварној брзини самог мотора. Поређењем жељених и добијених вредности обртања мотора, може се извршити верификација програма.



Слика 24. Поставка експеримента NI ELVIS II са једносмерним мотором

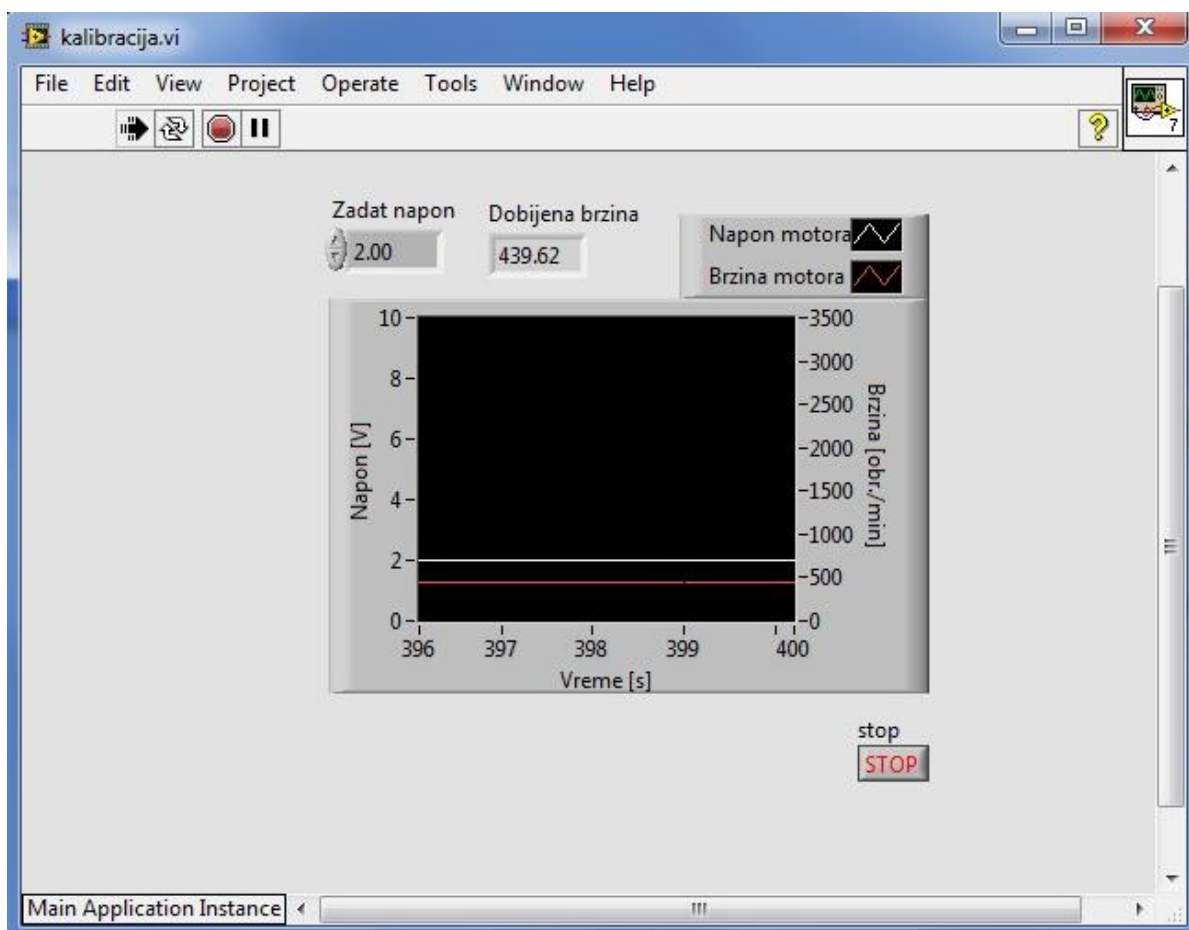
4.1 Поставка експеримента

На слици 24. може се видети поставка експеримента. За потребе експеримената коришћен је тренажер NI ELVIS са интегрисаним мотором једносмерне струје тако да нема потребе за посебно креирање електричног кола. Апликацијом се дефинише путовање сигнала и каналисање напона до мотора.

4.2 Калибрација мотора

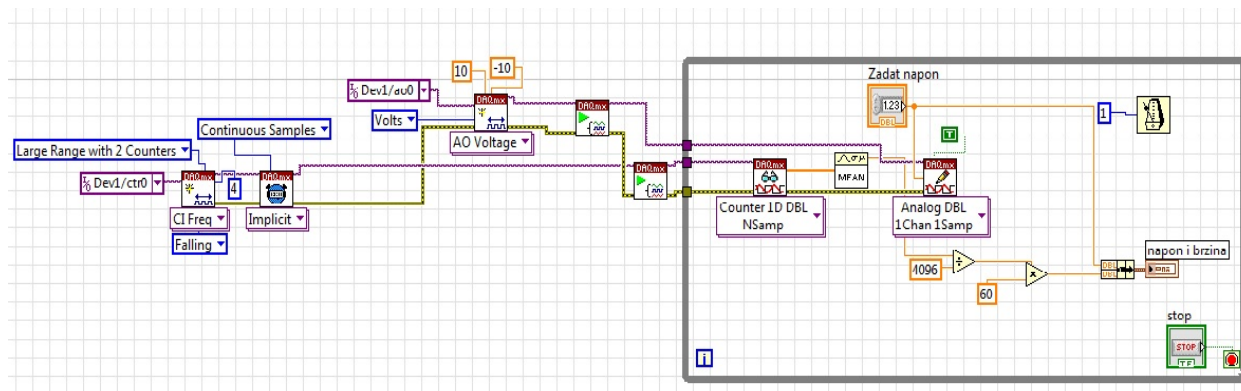
Контролисање брзине односно броја обртаја мотора врши се контролисањем интензитета напона којим се напаја електромотор. Како би се та вредност задала прецизно неопходно је успоставити математичку зависност између напона и броја обртаја. Овај задатак испуниће се емпиријским путем односно мерењем броја обртаја за различите вредности напона.

За потребе калибрисања мотора односно проналажења његове карактеристике креирана је апликација приказана на Слици 25.



Слика 25. Апликација за потребе калибрисања мотора

На Блок-дијаграму (Слика 26.) се може видети да се напон унет од стране корисника шаље на аналогни улаз QNET плоче за погон мотора, односно аналогни излаз NI ELVIS II система. Очитавање брзине се врши тако што се са дигиталног улаза ELVIS-а #ctr0, који је везан за енкодер, очитава вредност сигнала који се преводи у брзину у обртајима по минути (обр./min). Задавањем конкретних вредности напона у опсезима од 0.5 V, очитавају се и бележе појединачне вредности броја обртаја.



Слика 26. Блок дијаграм апликације

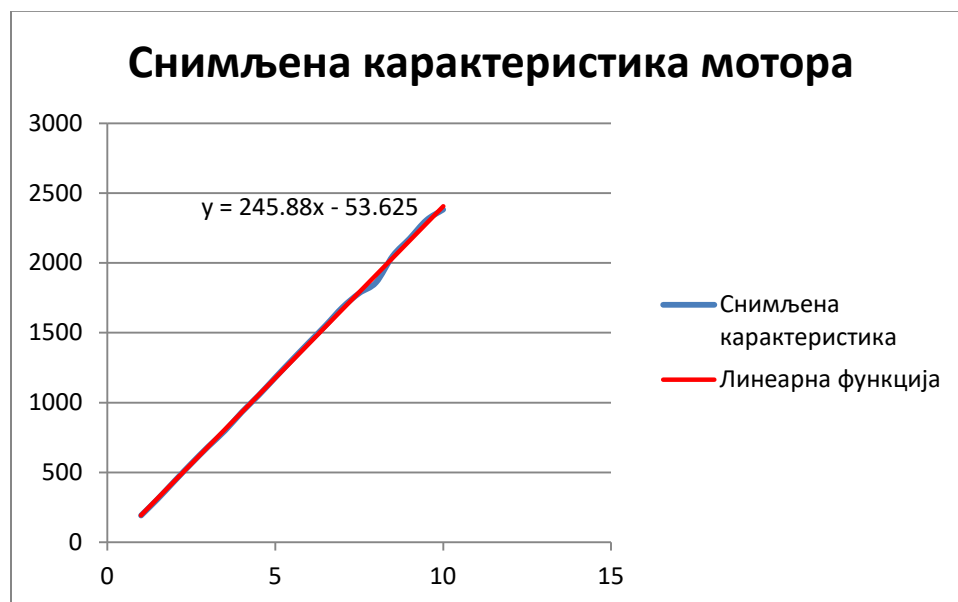
У Табели 10. су приказане вредности броја обртаја за вредности напона у опсегу од 1 до 10 V.

Табела 10. Вредности броја обртаја за вредности напона у опсегу од 1 до 10 V

Напон [V]	Брзина [обр./min]
1	191.27
1.5	310.51
2	438.58
2.5	563.87
3	684.34
3.5	798.58
4	930.91
4.5	1050.83
5	1179.52
5.5	1306.08
6	1430.1
6.5	1552.81
7	1681.93
7.5	1783.25
8	1859.61
8.5	2050.94

Напон [V]	Брзина [obr./min]
9	2174.4
9.5	2306.12
10	2381.8

Након измерених вредности, формира се дијаграм зависности броја обртаја од напона. Приликом формирања дијаграма уношењем измерених вредности (у Мајкрософт екселу) изводи се карактеристика мотора. На *слици 27.* приказан је дијаграм као и изведена једначина праве, на основу које се може издвојити стварна зависност броја обртаја од напона, карактеристична за конкретан DC мотор коришћен у овом случају.



Слика 27. Дијаграм и изведена једначина праве

Минимална вредност напона за експеримент је 1 V зато што се у опсегу од (-1 V- 1 V) мотор не окреће, односно овај опсег је мртва зона. Идентификација је приказана за позитивне вредности напона, јер је карактеристика иста и за негативне вредности напона, када се мотор окреће у негативном смеру. На основу изведене функције, добија се зависност напона од броја обртаја, што је потребно за контролисање брзине мотора.

$$V = \frac{(N + 53,62)}{245,8}$$

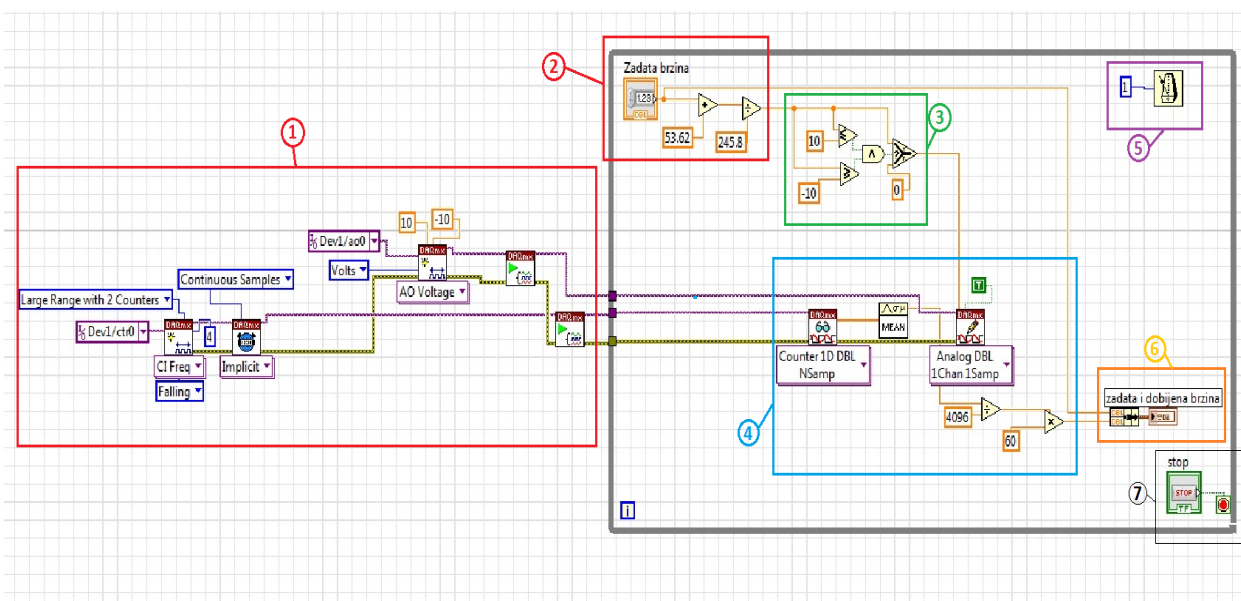
V - број обртаја мотора;

N - напон.

4.3 Апликација за задавање и мерење брзине

Уношењем жељене вредности броја обртаја у апликацији се пре уписивања вредности у аналогни излаз ELVIS-а извршава прорачун напона на основу горе добијене зависности броја обртаја од напона.

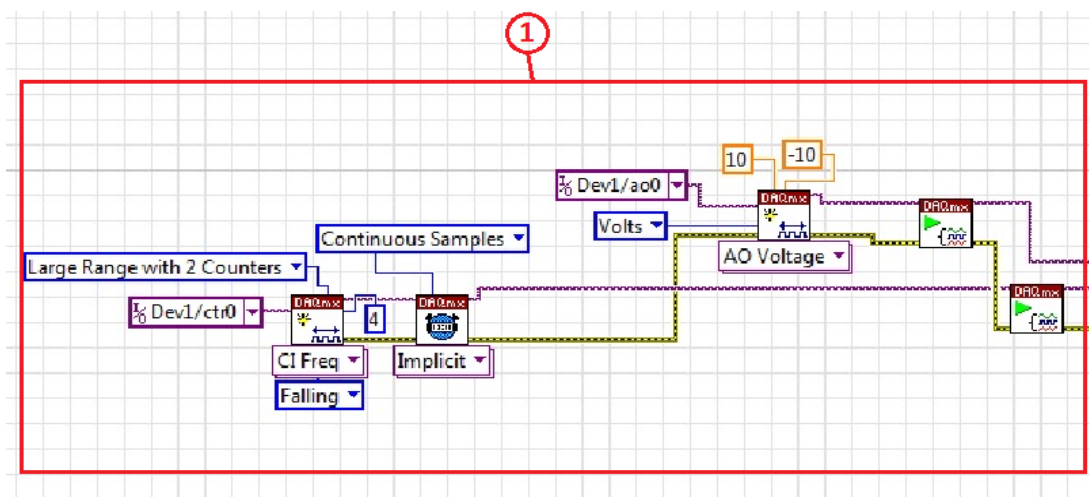
Програм за извођење експеримента рађен је у LabVIEW радном окружењу. На слици 28. приказан је блок-дијаграм изведене апликације за задавање и мерење брзине. Претходно описани поступак дефинисања вредности напона којим се снабдева мотор заокружен је на слици и обележен бројем 1. Полазни величина у апликацији је жељена брзина обртања. Пре блока за уписивање вредности на аналогни излаз задата вредност се сабира и множи са израчунатим коефицијентима како би се добила исправна вредност напона за одговарајући број обртаја.



Слика 28. Блок дијаграм апликације за задавање жељене брзине

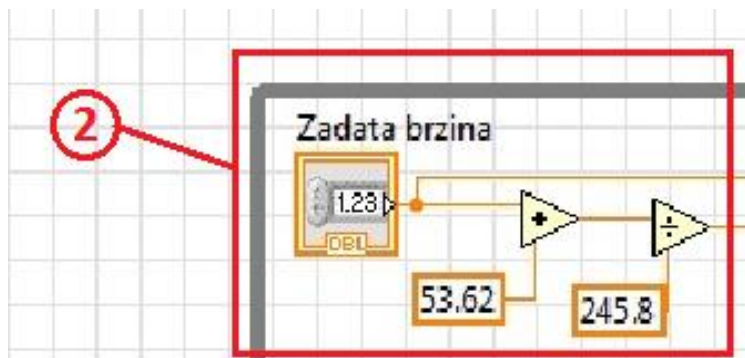
Са блок дијаграма приказаног на *слици 28*. могу издвојити следеће целине:

1. Иницијализација канала за читање и упис.(*слика 29*.);



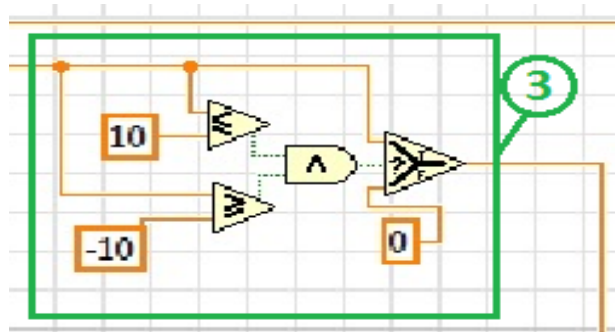
Слика 29. Програмски задате карактеристике напона

2. Задавање вредности жељеног броја обртаја, којој се додаје 53.62 а потом седелиса 245.8, на основу претходно извршене калибрације мотора, односно измерене зависности броја обртаја од напона(*слика 30*.);



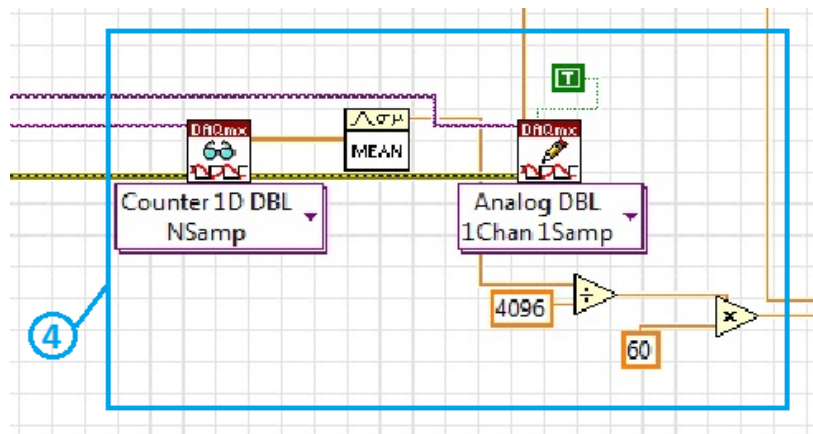
Слика 30. Уношење жељене вредности броја обртаја и коришћење зависности добијених калибрацијом

3. Одсецање вредности напона које су изван дефинисаног напонског домена (-10 до 10 V). Уколико је вредност напона који ће апликација генерисати ван овог опсега, главни коефицијент је нула и нема обртања мотора (*Слика 31*.).



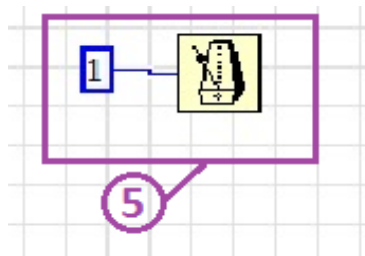
Слика 31. Филтрирање напонског опсега

4. Добијање вредности стварног броја обртаја дељењем са 4096 и множењем са 60 како би се измерила стварна вредност брзине(слика 32.)



Слика 32. Мерење стварне вредности обртања

5. Дефинисање временског периода једног циклуса извршавања мерења и слања израчунате вредности напона на мотор (1 милисекунда) приказано је на Сlici 33.



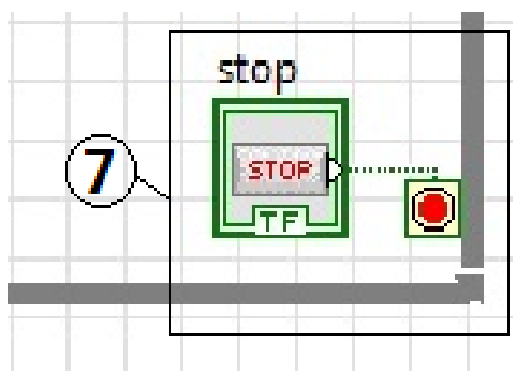
Слика 33. Период мерења вредности приликом вршења експеримената

6. Блокови који се користе за цртање графика жељеног и добијеног броја обртаја мотора (слика 34.)



Слика 34. Команде за цртање графика

7. Команда за прекидање апликације активирањем дугмета "стоп" (Слика 35.).



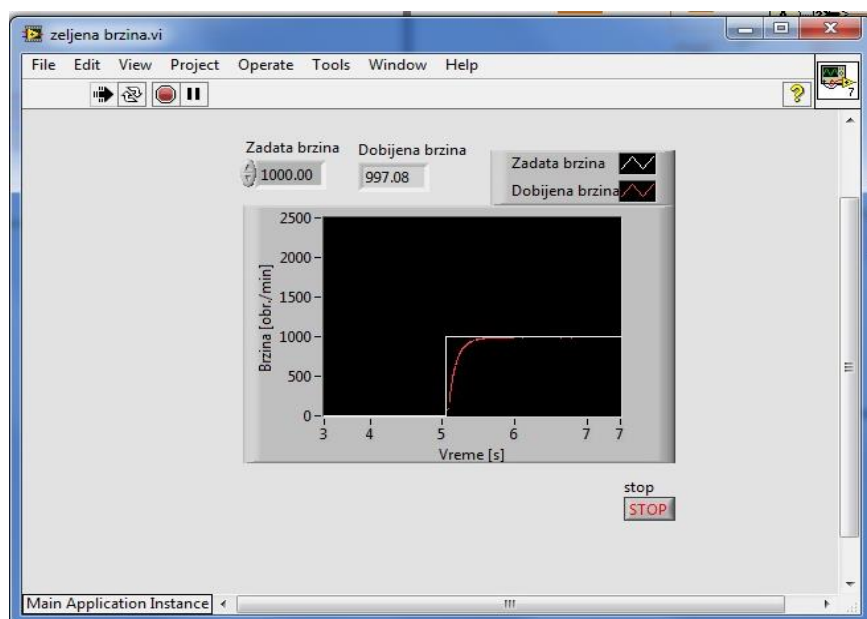
Слика 35. Увођење команде „стоп“.

4.4 Извођење експеримента

Након проверавања апликације и поставке елемената у експерименту, могуће је покретање програма и тестирање апликације. Након укључивања NI ELVISA, можес се прећи из блок-дијаграма у саму апликацију (Front panel) и на слици 36. се може видети изглед истог. Дијаграм служи за симултани приказ жељене и добијене брзине, док се у почетном блоку уноси и манипулише жељеном брзином обртања. Командом Run се покреће апликација, а командом Stop зауставља. У току извођења експеримента бележене су стварне и задате вредности обртања мотора резултат се може видети на слици 36.

Са слике се може видети да је апликација исправно постављена јер је јасно приказано да измерене вредности одговарају задатим бројевима обртаја, уз мања одступања. Графиком су приказане вредности броја обртаја у зависности од времена како би се увидео одзив

система и измерене вредности. Црвеном линијом на графика приказана је измерена вредност броја обртаја у зависности од времена.



Слика 36. Приказ задатих и измерених вредности броја обртаја мотора приликом извођења експеримента

На примеру са *слике 36.* може се прочитати да је одступање од задате брзине мало мање од 3 обртаја у секунди (0,3%), што значи да је апликација успешно постављена и верификована. Треба напоменути да оваква вежба може да се извршава са великом прецизношћу у случају када вратило мотора није додатно оптерећено. Ако се оптерети вратило мотора, мора се додати и контролер који ће појачати напон мотора да би се савладало оптерећење.

4.5 Пример коришћења NI ELVIS -а за потребе контролисања позиције мотора

У другом експерименту циљ је да се постигне контрола положаја мотора задавањем жељеног угла. Основни принцип по коме ће се направити апликација је следећи:

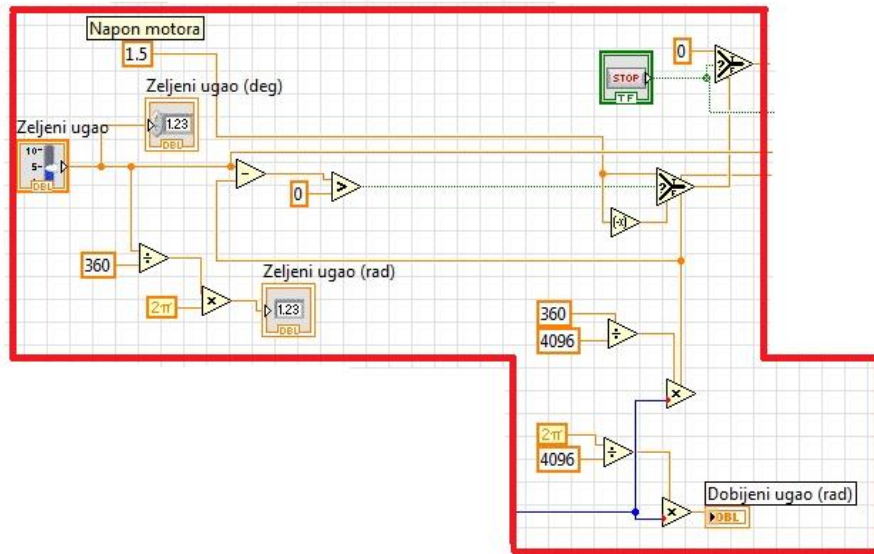
- Са енкодерасе чита тренутни положај мотора;

- ### 4.5.1 Апликација

The screenshot displays a LabVIEW front panel and block diagram for controlling a motor. The front panel includes controls for AO Voltage (range -10 to 10), Zeljani ugao (deg) (range 0 to 180), Zeljani ugao (rad) (range 0 to 360), and Dobijeni ugao (rad). It also features indicators for Zadati i dobijeni ugao and Dobijeni ugao (rad). The block diagram shows the internal logic, including DAQmx channels for analog output (Dev1/a0) and digital input (Dev1/cf6), a Counter U32 1 Samp, and various mathematical operations like multiplication by 1.5 and division by 180.

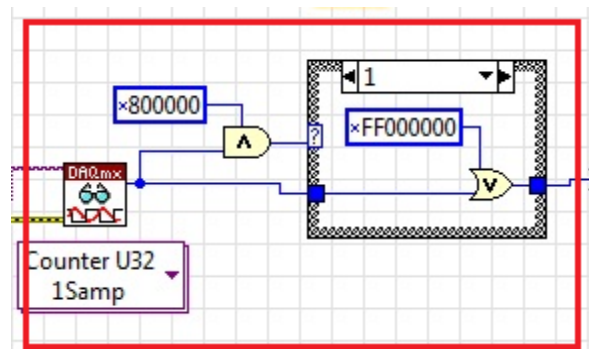
На блок-дијаграму са *слике 38.* се могу уочити следеће две карактеристичне петље:

- Никола Живковић 95/2011



Слика 38. Скуп команди за смањивање разлике између тренутног и жељеног угла

- "case" петља којом се одређује смер окретања мотора. До ове петље долази вредност са енкодера којој се испитује први бит да би се одредило у ком смеру се врши обртање мотора. (слика 39.).

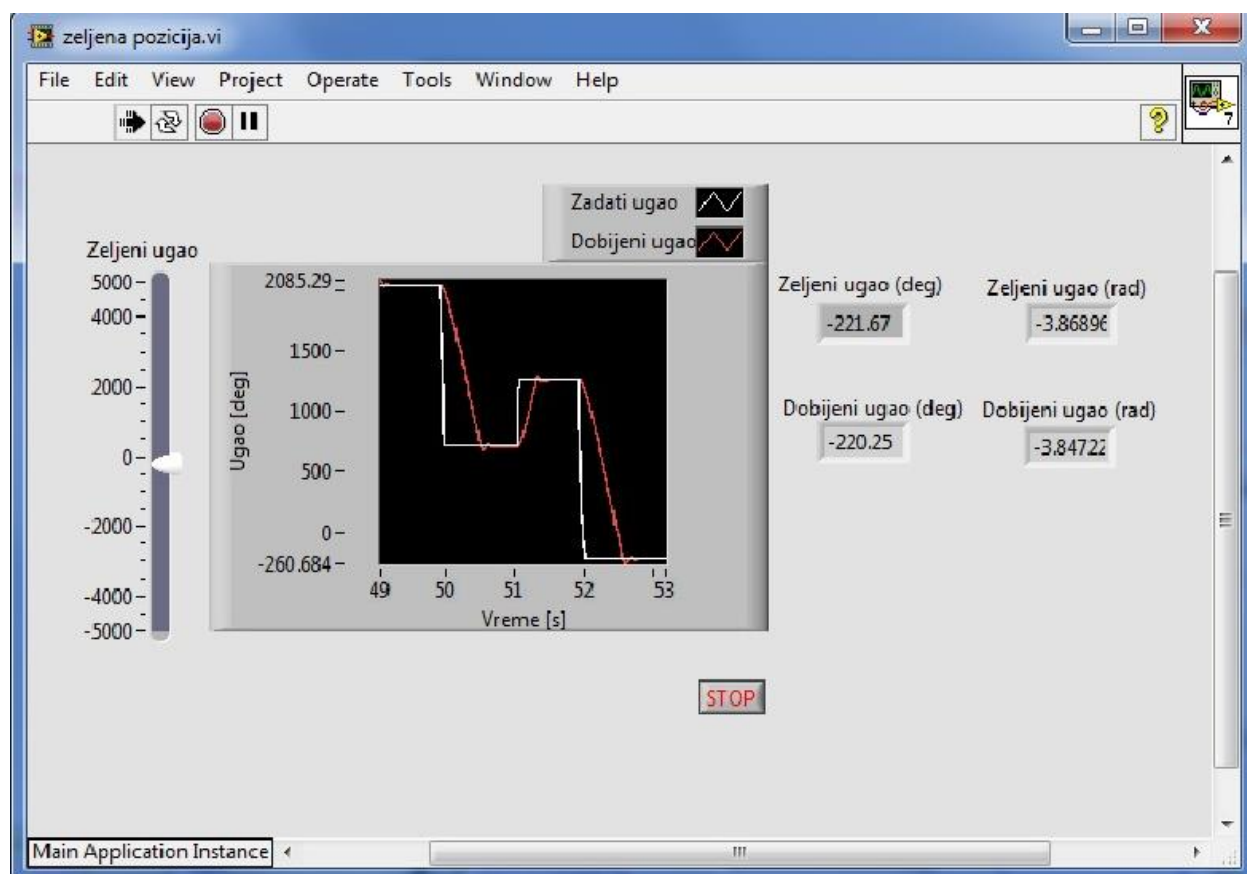


Слика 39. "Case" петља за промену смера обртања мотора

4.5.2 Извођење експеримента

Експеримент је изведен тако да се помоћу клизача варира жељеном вредношћу положаја мотора, док енкодер истовремено шаље сигнал којим се приказује сам положај мотора и врши се прегледно поређење помоћу истовременог графичког приказа. Програм је подешен тако да је опсег жељеног угла од -5000 до 5000 степени тако да ће мотор у случају задавања угла већег од 360 степени извршити више пуних окрета пре достизања коначног положаја. Овај опсег се може мењати у зависности од потреба корисника.

Након стабилизовања вредности угла, на графику се аутоматски врши скалирање осе позиције, па се може приметити осциловање положаја око задатог угла услед дефинисања строгог услова да разлика тренутног положаја и жељене позиције буде нула. Амплитуда осциловања зависи од величине јединичног напона којим се врши корекција положаја (1.5 V) и већа је што је овај напон већи. При ситнијој резолуцији, на графику се јасно види да одзив електромотора у потпуности одговара задатом положају мотора (слика 40.) што значи да је апликација исправно постављена и тестирана.



Слика 40. Симултани графички приказ задатог и стварног угла електромотора. Са леве стране је приказан клизач помоћу којег се манипулише жељеним вредностима угла; са десне стране су нумерички упоређени жељени и стварни угао.

5. Закључак

У овом раду су описани основни елементи и начело рада едукацијског лабораторијског виртуелног инструмента (NI ELVIS II) са једносмерним мотором. Quanser QNET мотор једносмерне струје је свестран серво систем дизајниран за учење и показивање основа контроле серво мотора на различите начине. Намењен је за NI ELVIS платформе и лако се може конфигурисати за контролу позиције мотора и брзине. Користећи се NI ELVIS-ом при изради овог рада увиделе су се одређене предности и добре стране овог уређаја при раду у лабораторији у односу на класичне стварне инструменте. Неке од тих предности су једноставност у раду (наравно када се потпуно савлада вештина коришћења), брзина, мултифункционалност и тачност у раду. Захваљујући својој хардверској и софтверској конфигурацији омогућава спајање различитих електроничких кругова на прототип плоче радне станице, а затим и њихово анализирање уз помоћ компјутера и напредног софтвера. Због своје универзалности NI ELVIS омогућава постизање високог степена тачности приликом мерења и анализирања. Не може се занемарити ни аспект са економске тачке гледишта, који је скоро увек један од битнијих фактора, а NI ELVIS има предност јер обједињује својства и функције великог броја других инструмената. NI ELVIS систем је нешто што би савршено послужило за едукацију студената у више области, али исто тако оставља довољно простора за озбиљније пројекте. Представљене вежбе изведене на овом систему су добра основа за даље бављење управљањем оваквим системом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Where to Start with NI ELVIS*, National Instruments, 2008, приступљено септембра 2016.
- [2] NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) User Manual, National Instruments, 2003, приступљено септембра 2016.
- [3] NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) Hardware User Manual, National Instruments, 2008, приступљено септембра 2016.
- [4] Introduction to NI ELVIS (NI ELVIS II, Multisim and LabVIEW) Barry Patton, National Instruments, 2009, приступљено септембра 2016.
- [5] The LabVIEW Student Edition User Guide, Lisa K. Wells, Prentice Hall, 1995, приступљено септембра 2016.
- [6] http://www.pfst.unist.hr/~ivujovic/stare_stranice/pdf_zip_word/niksa.pdf, приступљено септембра 2016.
- [7] https://faculty.unlv.edu/eelabs/docs/guides/QNET_DCMCT_User_Manual_2.pdf, приступљено септембра 2016.
- [8] <http://www.ni.com/pdf/manuals/374629c.pdf>, приступљено септембра 2016.
- [9] <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-394>, приступљено септембра 2016.