

Hardware realization part for the measure and protection in adjustable speed drives

Горан Вуковић

Електротехнички факултет Источно Сарајево

Источно Сарајево, БиХ

goran.vukovic@etf.unssa.rs.ba

Садржај—У раду је описан дио развојног окружења намијењен за развој и верификацију алгоритама дигиталног управљања трофазним електричним моторима. Ријешење које је представљено у раду, описано је а затим верификовано у лабораторији.

Кључне ријечи—мјерење напона једносмјерног међукола; мјерење фазних струја; мјерење брзине;

Лабораторији за електричне машине и погоне (ЕМД) на Електротехничком факултету у Источном Сарајево. Развојно окружење намијењено је за развој и тестирање свих врста алгоритама за дигитално управљање трофазним моторима и може се користити у научним и примјењеним истраживањима.

Развојно окружење се састоји из три функционалне јединице :

I. Увод

Дигитално управљан електромоторни погон има електрични мотор, полупроводнички претварач снаге и дигитални погонски контролер са одговарајућим програмом. Мотор обавља електромеханичку конверзију, док претварач кроз електрично-електричну конверзију прилагођава напоне и струје примарног извора потребама мотора. Дигитални погонски контролер управља процесима електрично-електричне и електромеханичке конверзије. Дигитално управљање електромоторним погоном базирано је на векторском управљању или директној контроли момента. Кључни корак у развоју алгоритама за дигитално управљање електромоторним погоном је експериментална верификација. Експерименталном верификацијом оцјењују се статичке и динамичке карактеристике алгорита, робусност на поремећаје, оправданост полазних претпоставки, квалитет математичког модела, као и утицај немоделоване динамике [1]. За експерименталну верификацију неопходно је располагати прототипом - развојним окружењем на коме ће се посматрани алгоритам тестирати у присуству поремећаја какви се јављају у реалном погону. Окружење треба да омогући рад електромоторног погона у различитим режимима (оптерећењима и условима напајања), аквизицију потребних величина, програмирање процесора, те управљање експериментом [1]. Иако развојно окружење треба да има првенствено научно-истраживачку сврху пожељно је да буде базирано на савременим хардверским компонентама и софтверским модулима какви се типично користе у масовној производњи [1]. Доступна развојна окружења су веома скупа и нису довољно флексибилна јер није могуће приступити неким компонентама хардвера или софтвера [1]. Због тога се оваква окружења радије самостално израђују у лабораторијама која се баве истраживањем електромоторних погона. Једно такво решење израђено је у

Ниво 1: Обухвата енергетски дио станице са асинхроним мотором, енергетским претвараčem и инкременталним оптичким енкодером.

Ниво 2: Прилагодни дио представља интерфејс између сигналног процесора и енергетског дијела. Степен напаја енкодер, прилагођава његове сигнале, галвански одваја напонски и струјни сигнал једносмјерног међукола, штити енергетски дио од нерегуларних вриједности напона и струја.

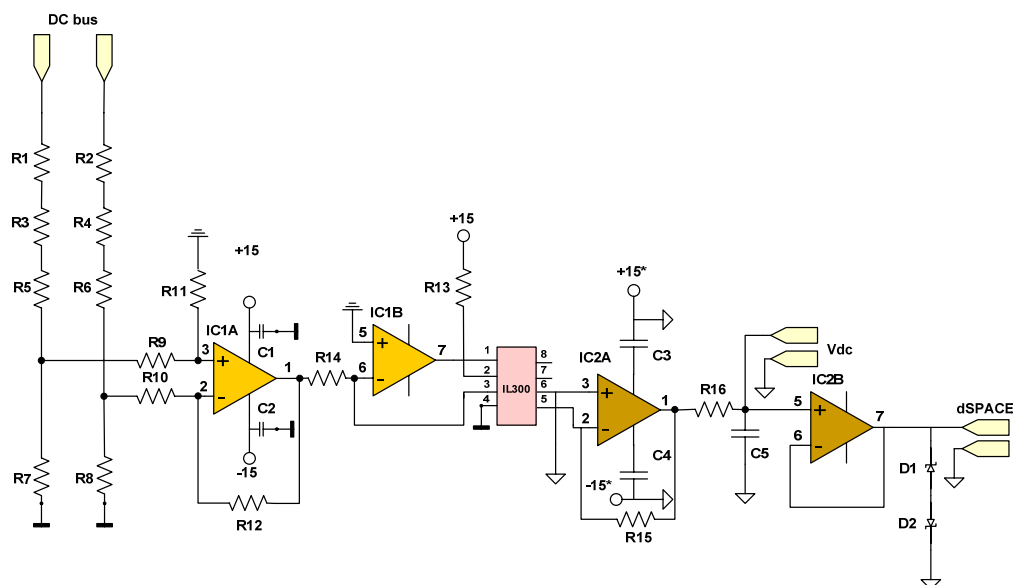
Ниво 3: Представља управљачки дио заснован на dSPACE развојном окружењу. Ту се извршава програм управљања асинхроним мотором. Управљачки дио обухвата и персонални рачунар који служи за програмирање dSPACE и управљање експериментом.

II. МЈЕРЕЊА И ЗАШТИТЕ У РЕГУЛИСАНИМ ЕЛЕКТРОМОТОРНИМ ПОГОНИМА

Пројектовање прилагодног дијела представља тему овог рада. Галванско одвајање сигнала је неопходан поступак у сваком дизајну гдје постоји могућност пренапона и негативног утицаја једног дијела склопа на други [3]. Представљена су ријешења галванског одвајања сигнала који воде са енергетског дијела и то : напона једносмјерног међукола користећи линерни изолациони појачавач, фазних струја мотора користећи LEM струјне сензоре и брзине помоћу инкременталног оптичког енкодера. Управљачки сигнали који воде са dSPACE развојног окружења галвански су одвојени помоћу импулсних трансформатора на IGBT драјверу. У наставку ћемо описати сваки склоп посебно.

A. Мјерење и прилагођење напона једносмјерног међукола

На Сл.1. приказана је електрична шема прилагођења и мјерења напона једносмјерног међукола.

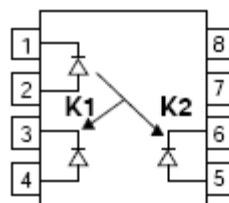


Слика 1. Електрична шема прилагођења и мјерења напона једносмјерног међукола

Задатак ове склопа је да изврши прилагођење и галванско одвајање напона једносмјерног међукола напону управљачког дијела dSPACE. Склоп садржи дјелитељ напона, који је изведен од серијски везаних отпорника снаге 0.25W, диференцијалног појачавача са кога се напонски сигнал води на линеарни изолациони појачавач, чија је улога да галвански одвоји енергетски дио од управљачке електронике. Галванска одвајање се изводи у свим системима у којима се жели постићи висок степен сигурности и заштите једног дијела уређаја од појаве пренапона у другом дијелу. После линеарног изолационог појачавача напонски сигнал се води на излазни бафер и даље на интерфејс картицу и A/D конвертор dSPACE развојног окружења. На излазном пину бафера постављене су двије Зенер диоде које спрјечавају да се на улаз A/D конвертора dSPACE доведе напон већи од вриједности $\pm 10V$ [2]. Такође, напонски сигнал са излаза линеарног изолационог појачавача се води на картицу пренапонске и поднапонске заштите гдје се на основу ове вриједности дозвољава прослеђивање PWM сигнала на гејтове IGBT.

У лабораторији је извршено мјерење линеарности напона галванског одвајања што је приказано у ТАБЕЛИ I. Коефицијент K представља мјеру линеарности између напона једносмјерног међукола и улаза у dSPACE. Вриједности струја оптокаплера су тако скалиране да се налазе у опсегу од 5 mA до 20 mA. На Сл. 2. приказана је електрична шема оптокаплера IL300. Као што се види оптокаплер се састоји из једне емитујеће LED диоде и двије PIN фотодиоде. Обје фотодиоде реагују на свјетлосни флуks генерисањем исте јачине струје. Једна фотодиода служи за пренос сигнала ка другом дијелу склопа који треба да је галвански одвојен, док се друга

користи као информација за струје које се генеришу, и да враћа повратну информацију улазном дијелу о сигналу који се преноси кроз другу фотодиоду [3]. За ове вриједности постиже се највећа линеарност напона.

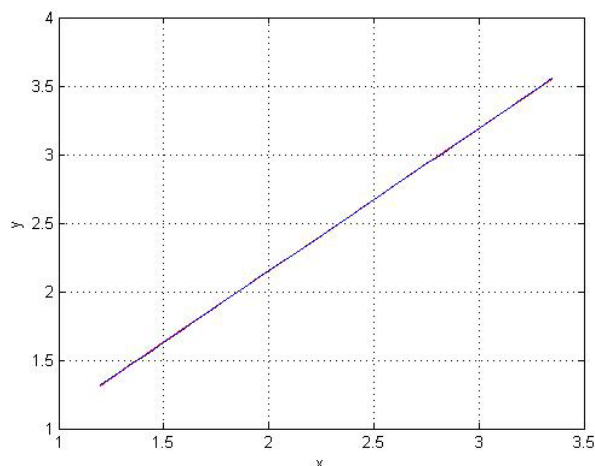


Слика 2. Електрична шема IL300

ТАБЕЛА I. МЈЕРЕЊЕ НАПОНА ЈЕДНОСМЈЕРНОГ МЕЂУКОЛА

Vdc	ПРИЛАГОДНИ НАПОН		
	Примарна струја IL300(V)	Улаз у dSPACE	K
564	3.35	3.55	158.87
500	2.99	3.18	157.23
450	2.69	2.87	156.80
400	2.40	2.57	155.65
350	2.10	2.25	155.6
300	1.80	1.94	154.64
250	1.49	1.63	153.40

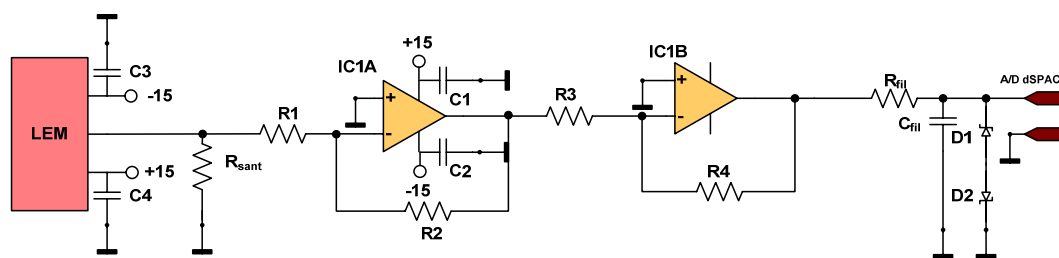
На Сл.3. приказани су резултати мјерења функције преноса реализованог склопа. Са Сл.3. може се уочити велика линеарност коју даје предложена конфигурација у поређењу са сличном реализацијом представљеном у [1] за већи опсег напона. У односу на ријешење представљено у [2] користи јефтинији линеарни изолациони оптокаплер.



Слика 3. Функција преноса линеарности склопа за мјерење јендосмјерног напона

В. Мјерење фазних струја

На Сл.4. приказана је електрична шема за мјерење фазних струја мотора. Струја се мјери LEM струјним сензором који струјни сигнал слаби N_{LEM} пута, односно $i_{LEM} = i / N_{LEM}$ [5]. Као струјни сензор коришћен је LEM тип LA 55 – P/SP1, називне примарне струје $i = 50A$ са галванским одвајањем примара и секундара. Такав струјни сигнал се даље претвара у напонски сигнал на шанту. Напонски сигнал се води на два операциона појачавача опште намјене типа LM324 који прилагођавају напонски сигнал, тако да напонски сигнал на излазу другог операционог појачавача буде у распону $\pm 10V$. Зенер диоде од 10V врше заштиту улаза, релативно скупог dSPACE развојног окружења [2]. На крају испред A/D конвертора се налази RC анти – алиасинг филтер који служи за филтрирање шума [5]. Слабљење сигнала на овом филтру се занемарује. Вриједност отпорника на другом операционом појачавачу може да се мјења тако да се може користити читав опсег $\pm 10V$.



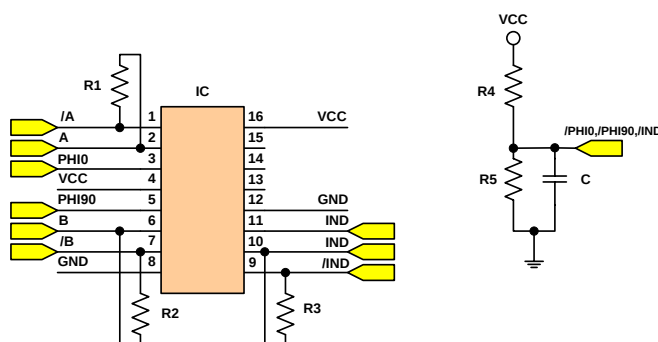
Слика 4 Електрична шема за мјерење једне фазе струје мотора

С. Мјерење брзине

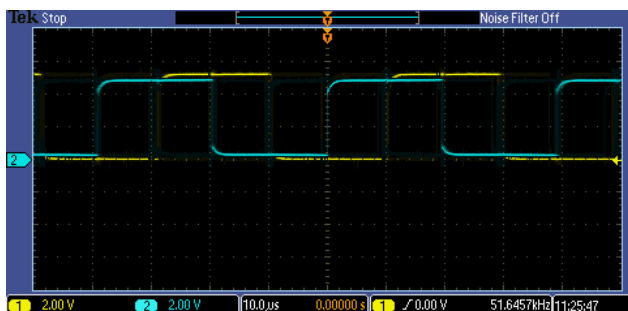
На Сл.5 приказана је електрична шема за мјерење брзине обртања мотора. Диференцијални излази са енкодера обиљежени са /A, A/B, B, и /IND, IND воде се на диференцијални линијски пријемник са хистерезисом IC DS26C32ATN. На излазима се добијају јасно дефинисане четвртке помјерене за 90°. То су сигнали PHI0, PHI90, IND.

Ови напонски сигнали се даље воде на интерфејс инкременталног енкодера dSPACE развојног система. Излази интерфејс инкременталног енкодера који су негирани спајају се на напон од 1.5V.

На Сл.6. приказани су сигнали PHI0 и PHI90. Интерфејс инкременталног енкодера dSPACE развојног окружења је пројектован за енкодере са RS422 компатибилним улазима [4]



Слика 5. Електрична шема мјерења брзине обртања мотора



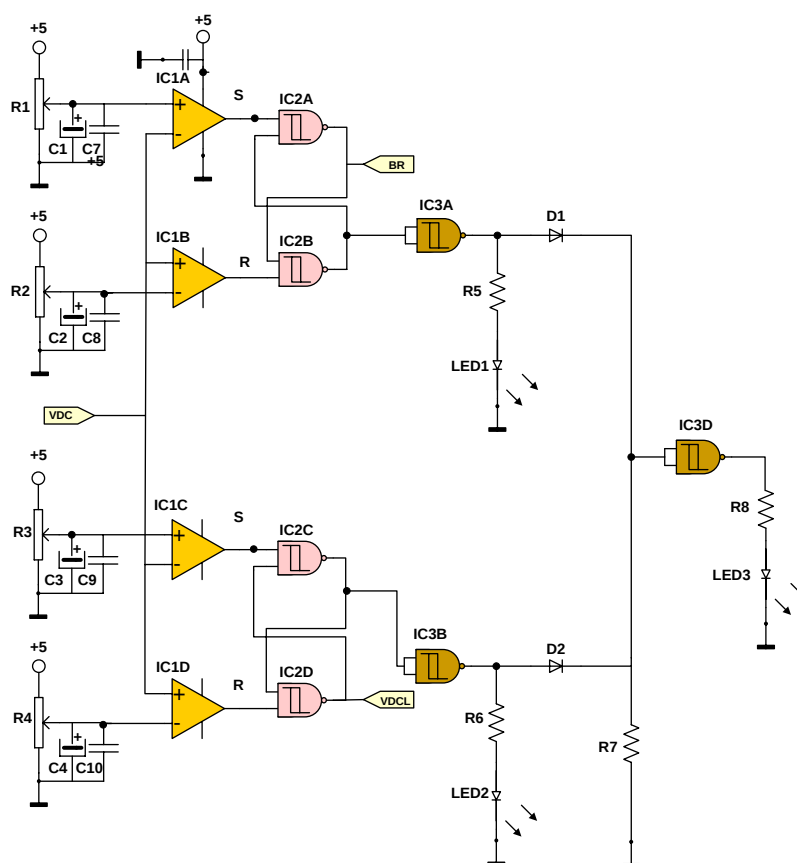
Слика 6. Напонски сигнали PH10 и PH90

D. Заштита у регулсаним електромоторним погонима

На овој картици врши се поређење напона једносмјерног међукола са референтним напонам. Референтни напон представља граничне вриједности напона једносмјерног међукола у којима погон може регуларно да ради. Пренапонска и поднапонска заштита је реализована помоћу Шмитовог тригера. На улаз овог кола доводи се напон који се пореди са унапријед дефинисаним референтним напонам и ако се пређе вриједност референтног напона долази до реаговања заштите. Заштита је веома прецизна са јасно дефинисаним напонским прагом на коме долази до промјене стања. Заштита посједује одређену хистерезу напона.

Пренапонска и поднапонска заштита је реализована тако да се галвански одвојен и филтриран напонски сигнал води на компараторе, који су у нашем случају типа LM339 који са RS лечом реализованим помоћу NI типа CD4093 кола представља Шмитов тригер [2].

Принцип заштите биће објашњен на пренапонској заштити. На инвертујући улаз првог компаратора доводимо напон, који се пореди са референтним напонам. Вриједност овог напона представља напонски еквивалент напона када треба да проради пренапонска заштита, (нпр. мотор прешао у генераторски режим рада). Овај напон износи око $U_{ref1}=3.8V$ и одговара напону једносмјерног међукола од 600V. Излаз компаратора, односно сет поставља се на логичку нулу, док се излаз NI кола поставља на логичку јединицу. Ова логичка јединица је знак да је дошло до прораде заштите и укључења драјвера за кочење. Ако сада дође до смањења напона једносмјерног међукола, на излазу ће бити исто стање све до напона који је референтни за други компаратор. Овај напон износи $U_{ref2}=3.7 V$ и одговара напону једносмјерног међукола око 580V. На овај начин, направљена је одређена хистереза напона, којом је онемогућено да колебање напона око 600V доводи до узастопних укључења и искључења заштите. Исти принцип је и за поднапонску заштиту. Електрична шема приказана је на Сл.7.



Слика 7. Електрична шема пренапонске и поднапонске заштите

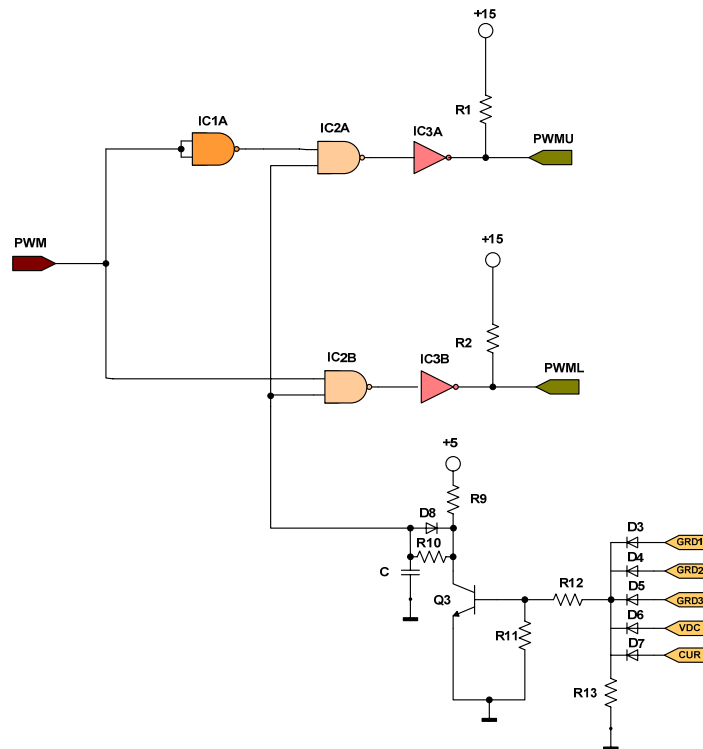
E. IGBT драйвер

Сви неопходни дијелови за управљање IGBT као што су излазни склоп, добијање галвански одвојеног сигнала за излазни склоп, надзор грешке у систему интегрисани су у IGBT драјверском модулу фирме К – ИНЕЛ. Улази за паљење IGBT су CMOS компатибилни, при чему 0V представља неактиван а 15V активан сигнал [2]. Поред тога драјвер садржи блок за потискивање лажних уских импулса. Такође, ако дође до појаве кратког споја предвиђено је меко искључење IGBT. На драјверу је реализовано мртво вријеме које може да се подешава и на тај начин онемогућено је да у једној грани буду укључена два IGBT. Склоп за праћење појаве грешке надзире напон колектор емитер и у случају грешке шаље информацију у коло за дојаву грешке а истовремено блокира даље прослеђивање PWM сигнала на IGBT.

плочи врши се ресет грешке ако се појави на IGBT драјверу, такође ако дође до било какве грешке блокира се слање PWM сигнала на драјвере. На Сл.8. приказана је једна грана за генерисање PWM сигнала као и блокаду у случају појаве грешке.

Г. Интерфејс картица

Овај склоп представља интерфејс између dSPACE развојног окружења, улазних величина које се мјере, свих заштита и IGBT драјвера. Овде долази до прилагођења напонског нивоа PWM сигнала са излаза dSPACE на ниво напонског сигнала који се води на IGBT драјвере. На овој



Слика 8. Електрична шема блока за генерисање и прилагођење напонског нивоа PWM

На Сл.9. приказана је практична реализација описаног система у лабораторији за електричне машине и погоне на Електротехничком факултету Источно Сарајево.



Слика 9. Практична реализација развојног окружења

III. ЗАКЉУЧАК

У раду је описан ток пројектовања и израде прилагодног дијела развојног окружења за управљање електро моторним погонима. Од окружења се првенствено тражи флексибилност како како би се више алгоритама управљања могло реализовати на истом хардверу. Израда прилагодног дијела је скупља у односу на слична индустријска ријешења али се са овим ријешењем може

добити сервопогон. При изради ишло се да се користе стандардне индустријске компоненте.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] P. Matic, D. Marčetić, S. Vukosavić "Design of test bench for verification of induction motor drives algorithms," INFOTEH – JAHORINA, vol 8 A – 10 – 1., March 2009
- [2] E. Adžić. Rapregnuto upravljanje aktivnom i reaktivnom snagom u pogonu vetroelektrana, Fakultet Tehničkih nauka, magistarski rad, Novi Sad 2007.
- [3] Обрад Ђорђевић ' Пројектовање прилагодних електронских кола за галванску изолацију сигнала у електро моторном погону" дипломски рад, ЕТФ Београд Јул 2008.
- [4] Floating – Point Controller Board DS1102, Hardware Reference dSPACE
- [5] Слободан Н. Вукосавић " Практикум за лабораторијске вјежбе из дигиталног управљања претварачима и погонима" скрипта ЕТФ Београд

ABSTRACT

In this paper described is part of the development system for testing and verification control algorithms of adjustable speed drives. Solution is verified in the laboratory.

HARDWARE REALIZATION PART FOR THE MEASURE AND PROTECTION IN ADJUSTABLE SPEED DRIVES

Goran Vuković