

## ДИГИТАЛНО УПРАВЉАЊЕ ПРЕТВАРАЧИМА И ПОГОНИМА

- Школска 2020/2021 -

- Предавања - 2 часа недељно - С.Н. Вукосавић (консултације - после часова предавања, [ddc@etf.rs](mailto:ddc@etf.rs))
- Рачунске вежбе - 1 час недељно - Александар Милић (консултације- после вежби),
- Лаб. вежбе - 1 час недељно - Александар Милић ([milic.aleksandar@etf.rs](mailto:milic.aleksandar@etf.rs))

### Contents

Немам воље да читам 5 страна текста, може ли то краће? .....	1
Циљ: .....	1
Предзнање:.....	2
Материјали: .....	2
Садржај курса:.....	2
Лабораторијске вежбе - 1 час недељно .....	3
Листа питања: .....	4
Google Classroom тестови.....	4
Писмени испит: .....	4
По окончаном писменом делу испита.....	4
Опција додатног усменог испитивања (само за студенте који нису задовољни оценом): .....	5
Литература:.....	5
Материјали, аудио и видео снимци: .....	5

### Немам воље да читам 5 страна текста, може ли то краће?

Пратите предавања (или савладајте градиво из приложених материјала), поред тога, пратите рачунске вежбе (или задатке решите сами), обавезно урадите ЛАБ вежбе, изађите на писмени, оцена се одређује на бази ЛАБ + писмени, ако нема жалби, оцена се уписује у ЕВИДЕС.

### Циљ:

Предмети ДПП1 (19Е013ГДПП) и ДПП2 (13М011ДП2) пружају знања основна знања у области дигиталног управљања претварачима и погонима. Предмет ДПП1 пружа теоријска знања и вештине практичне имплементације управљања струјом, моментом и флуksom електричних серво мотора као и управљање радом генератора у савременим изворима електричне енергије. Предмет

ДПП2 се бави управљањем кретањем и проучава регулацију брзине и позиције као и координисаног кретања у оквиру индустријских робота.

У оквиру предмета ДПП1 студенти стичу способност анализе и пројектовања система са дигиталном ширинском модулацијом и регулацијом струја, флуksа и момента. Циљане вештине укључују пројектовање структуре и подешавања параметара регулације као и практична имплементација алгоритама управљања у реалном времену, што захтева познавање основних особина дискретизације по амплитуди и времену, елементарне вештине анализе система и синтезе управљања у  $z$ -домену као и основне информације о А/D и PWM периферијским јединицама савремених дигиталних сигналних контролера.

## Предзнање:

Наставни метод и приступ је прилагођен предзнању које имају студенти ЕТФ у 8. семестру.

## Материјали:

Материјали потребни за праћење наставе, усвајање градива, рачунске и ЛАБ вежбе могу се наћи на сајту:

<http://ddc.etf.rs/materijali.zip>

Дати су **слајдови који се користе на предавањима** у учионици, **материјали који сумирају неопходна предзнања** (моделовање електричних машина), **поглавља која уводе ВУ** и образлажу концепт векторског управљања, као и **поглавља на српском и енглеском језику** који излажу део градива везан за PWM, регулацију струје и синтезу регулатора у  $z$  домену.

У оквиру материјала дати су и **задачи за рачунске вежбе**, **за самостални рад као** примери задатака са испита. Дато је и **упутство за лабораторијске вежбе**, помоћне датотеке за ЛАБ вежбе, као и **листа теоријских питања** која могу бити постављена на испиту.

У оквиру *materijala.zip* постоји директоријум (**Matlab\_primeri**) који које садржи опис, примере и одговарајуће моделе и програме чије коришћење помаже усвајање и разумевање градива и постепешује стицање вештина. У засебној датотеци (**Gclassroom\_testovi.pdf**) наведени су циљеви и описана корист од периодичних *on-line* тестова Т1-Т10, тестова **TK1-TK2** који ће бити оцењивани, неопходна упутства о поступцима и начин на који ће бити обрађивани резултати.

## Садржај курса:

### Први део:

*Рекапитулација:* Динамички модел електричних машина.

*Увод:* Електрични серво мотори у улози извршних органа система за управљање кретањем. Потребна тачност и брзина реаговања у успостављању момента и флуksа. Особине серво мотора са машинама за једносмерну струју и серво мотора са машинама за наизменичну струју. Дигитално управљање струјом, моментом и флуksом серво мотора у улози извршног органа у систему за управљање кретањем.

*Управљање моментом и флуksом:* Управљање моментом и флуksом машина за наизменичну струју са давачем на вратилу. Принципи векторског управљања. Директно (ДВУ) и индиректно (ИВУ) векторско управљање. Основе распрегнутог управљања моментом и флуksом АМ и СМ.

*Дигитална имплементација ИВУ:* Одређивање положаја роторског флукса на основу сигнала струје и давача на вратилу. Параметарска осетљивост и експлоатационе карактеристике погона са ИВУ.

*Дигитална имплементација ДВУ:* Одређивање положаја роторског флукса на основу сигнала напона и струја статора. Параметарска осетљивост и експлоатационе карактеристике погона са ДВУ. Утицај нелинеарности 3-ф транзисторског инвертора.

#### Други део:

*Рекапитулација:* Трофазни транзисторски инвертор

*Потреба за управљање струјом:* Основни принципи дигиталног управљање струјом. Трофазни транзисторски инвертор као актуатор напона. Дигитални ширински модулатор. DSP-имплементација прекидачког алгорита за управљање напоном. Проблеми одабирања и реконструкције сигнала струје. Карактеристични давачи струје. Проблеми пројектовања филтра пред А/Д периферијским уређајем. Шум квантизације. Дигитална филтрација и *oversampling*. Регулатор струје у dq-систему.

*Распрезање одзива у ортогоналним осам:* Синтеза структуре распрегнутог дигиталног регулатора струје. Примена IMP концепта. Одређивање параметара регулације. Проблеми у раду дигиталног регулатора струје у зони слабљења поља. Карактеристични периферијски уређаји и програмска решења регулатора струје.

*Управљање серво моторима без давача на вратилу:* Естимација брзине обртања, момента и флукса. Управљање АМ и СМ без давача на вратилу. Могућности за оцену положаја и/или брзине на основу жлебних хармоника, просторних хармоника поља и магнетског засићења. Практични аспекти реконструкције сигнала који се не могу мерити. Коришћење ДСП у сврху надзора и дијагностике. Практични аспекти и проблеми ДСП имплементације алгоритама за идентификацију динамичких система и алгоритама за оцену спектра. Структура, периферијски уређаји, програмирање, капацитет и брзина рада савремених ДСП.

## Лабораторијске вежбе - 1 час недељно

У оквиру предмета предвиђено је 14 часова рада у лабораторији. Пре лаб вежби потребно је детаљно прочитати упутства и сагледати њихову сврху и циљана знања. У случају да је студент спречен из одређених разлога да присуствује раду у лабораторији неопходно је да унапред обавести асистента о томе као и да евентуално предложи начин за надокнаду пропуштеног термина. Лабораторијске вежбе представљају услов за излазак на испит и учествују са 30% у коначној оцени, доносећи **0-30 LABPOINTS**. Програм вежбања у лабораторији садржи три вежбе:

- Вежба 1 (3 сата), "Вектра"
- Вежба 2 (4 сата), "Темпус", део 1/2, упознавање са GUI, уносом параметара, мерењем струје, дигитална регулација струје
- Вежба 3 (3.5 сата), "Темпус", део 2/2, упознавање са GUI, векторско управљање, осетљивост, дигитална регулација брзине

Детаље и обавештења везана за лабораторијске вежбе даје асистент током првих часова наставе као и електронском поштом. Одговарајући видео снимак можете наћи на <http://ddc.etf.rs/tempus.wmv>

## Листа питања:

Листа теоријских питања представља користан подсетник и садржи питања која се могу појавити током писменог испита. Буде ли потребе да се студентима да одговор на достављену листу теоријских питања, биће организовани додатни часови консултација.

## Google Classroom тестови

У засебној датотеци ([Gclassroom\\_testovi.pdf](#)) наведени су циљеви и описана корист од периодичних *on-line* тестова T1-T10, тестова **TK1-TK2** који ће бити оцењивани, неопходна упутства о поступцима и начин на који ће бити обрађивани резултати. Тестови TK1-TK2 се организују после окончане наставе а пре писменог испита. Нити један од поменутих тестова није обавезан. Студенти који одлуче да не раде тестове а који коректно ураде ЛАБ вежбе и писмени испит добиће највећу оцену.

Резултати TK1-TK2 могу утицати на даље испитивање и оцену уколико студент пошаље одговарајућу email поруку на [ddc@etf.rs](mailto:ddc@etf.rs) у року од 48 сати после пријема резултата са бројем поена постигнутим на TK1-TK2. Порука треба да садржи недвосмислено исказану жељу да се уважи постигнути резултат. Резултати ће утицати на даљи ток испитивања на начин који је законски прихватљив, који је складу са правилима и праксом која се примењује на ЕТФ, и који ће бити усаглашен између наставника и кандидата.

## Писмени испит:

Писмени део испита представља основни вид испитивања, обавезан је за све студенте и одржава се у просторијама ЕТФ. На писменом делу испита студенти решавају дате задатке и одговарају на питања. Увид у вежбанке и неопходна објашњења везана за решавање задатака могу се добити у терминима за консултације или у договору са предметним асистентима. Укупан број поена који се може добити на испиту је **PISMENIPOINTS ≤ 70**.

## По окончаном писменом делу испита

По правилу, коначна оцена се одређују на основу збира **LABPOINTS + PISMENIPOINTS**, уз напомену да постоји могућност да се, док траје епидемија, ЛАБ вежбе раде у скраћеној форми, и тада ће оцена бити одређена на основу **PISMENIPOINTS**. Оцене се се уносе у систем ЕВИДЕС, студентима се тада шаље одговарајуће обавештење на студентски **email**, студенти тада могу видети своју оцену.

Уколико студенти закључе да постоји одступање између оцене и знања, потребно је да се јаве наставнику у року од 24 часа од пристизања обавештења, ради организовања додатног испитивања током кога ће се проценити знање и утврдити постоји ли потреба да се оцена промени. По истеку поменутих 24 часа, наставник обавештава студенте о термину и начину додатног испитивања. Студентима који се не јаве у року од 24 часа биће потврђене већ унете оцене.

По окончању додатног испитивања наставник уноси измене у систем ЕВИДЕС и обавештава студенте. Сви студенти који не буду задовољни коригованим оценама, као и студенти који сматрају да поступци или исходи нису у складу са писаним правилима или устаљеном праксом на ЕТФ требало би да се јаве наставнику 24 часа од поменутог обавештења, како би такве случајеве

разрешили уз помоћ студента-делегата, студента-продекана и продекана за наставу. По истеку датог рока, све неспорне оцене биће закључане.

Једна од могућности за организовање додатног испитивања је усмено испитивање.

### Опција додатног усменог испитивања (само за студенте који нису задовољни оценом):

У зависности од околности, усмено испитивање се може организовати у сали или преко сервиса за интернет-конференцију. У случају када је усмено испитивање организовано у сали, кандидат добија 1-3 питања, има до 30 минута за припрему одговора којом приликом седи у првој клупи и може да користи папир и оловку. За свако питање кандидат даје усмено излагање у трајању до 4 минута, уз коришћење табле и раније припремљеног концепта. Дакле, за 1, 2 или 3 питања кандидат даје излагање у времену не дужем од (укупно) 4, 8 или 12 минута. Ток и садржај излагања и записа на табли одређује кандидат на начин који сматра примереним. Предмет усменог испитивања је целокупно градиво, као и питања, задаци и проблеми које је кандидат имао током претходних фаза испитивања.

### Литература:

1. Slobodan N. Vukosavić, „Grid-Side Converters Control and Design“, Springer, New York 10013, USA, 2018, ISBN 978-3-319-73277-0, 266 pages.
2. Slobodan N. Vukosavić, „Digital Control of Electrical Drives“, Springer, New York 10013, USA, 2007., ISBN 978 0-387-25985-7, Library of Congress 2006935130, 352 pages.
3. С. Н. Вукосавић, *Дигитално управљање електричним погонима*, Београд, Србија: Академска мисао, Београд, 2003, ISBN: 86-7466-113-0 (монографија од 390 штампаних страна је доступна и у електронској форми на адреси [ddc.etf.rs/lib\\_scuro.pdf](http://ddc.etf.rs/lib_scuro.pdf)).

Књигу на српском можете наћи у оквиру *Материјала*. Књиге на енглеском треба тражити у PDF верзији, можете је наћи на интернету или код млађих колега.

\* \* \*

### Материјали, аудио и видео снимци:

#### 1) Ауторска и власничка права

- Предавања, рачунске вежбе, лабораторијске вежбе и други писани, електронски или другачији материјали намењени су студентима који прате наставу из предмета и представљају ауторско дело наставника.
- Материјали су настали на Електротехничком факултету у Београду (ЕТФ) и начинили су их наставници обављајући послове дате у опису радних обавеза сваког наставника ЕТФ.
- Власничка права над свим материјалима има ЕТФ.

#### 2) Дозвољена употреба материјала

- Сваки од студената који прати наставу на предмету може чувати предметне материјале и снимке у сопственој архиви без ограничења, под условом да их користити искључиво за личне потребе.

- Студенти који прате наставу из предмета могу користити све достављене, копиране или снимљене материјале за потребе савладавања градива, припреме за рад у лабораторији, обнављање знања и припреме за испит.
- Студент који прати наставу из предмета може размењивати предметне материјале са другим студентом који прати наставу из предмета.
- У случајевима где се настава одвија на даљину, коришћењем интернета, студенти који прате наставу могу користити програмске алате какав је *Open Broadcaster Software* или сличне како би за сопствене потребе начинили аудио или видео запис наставне јединице коју желе слушати и доцније, *off-line*. Овако настали снимци представљају део предметних материјала и снимака, они представљају ауторско дело наставника и власништво су ЕТФ.
- У случајевима где се настава одвија уживо пре снимања је неопходно прибавити сагласност присутног наставника.

### 3) Недозвољена употреба материјала

- Предметне материјале, аудио снимке и видео записе није дозвољено користити за потребе које нису наведене у делу *Дозвољена употреба материјала*.
- Забрањено је уносити измене у предметне материјале, издвајати поједине садржаје или инсерте, комбиновати секвенце или мењати садржаје на било који начин.
- Није дозвољено достављање предметних материјала или аудио/видео снимака студентима или другим потенцијалним корисницима којима поменути материјали и снимци нису намењени.
- Приликом размене материјала и снимака са другим студентима који прате наставу на предмету треба предузети разумне мере како не би дошло до недозвољене употребе материјала и снимака. Као пример, материјали се не могу размењивати на начин који их чини доступним корисницима којима они нису намењени.
- Поступци који нису наведени у листи *Дозвољена употреба материјала* као и поступци који јесу наведени у листи *Недозвољена употреба материјала* представљају кршење ауторских и власничких права.

Могући правци истраживања после полагања испита из предмета ДПП1

Aptitude test:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd8TzNLvn5w2bVkmB2PAAQpdOqsGU5tDYWmXczqD\\_4iLE\\_I-A/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd8TzNLvn5w2bVkmB2PAAQpdOqsGU5tDYWmXczqD_4iLE_I-A/viewform?usp=sf_link)

Istrazivacki rad - teme i pravci

[http://vukosavic.etf.rs/istrazivanje\\_teme\\_ideje.htm](http://vukosavic.etf.rs/istrazivanje_teme_ideje.htm)