

## РЕЦЕНЗИЈА

**НА РАКОПИСОТ „ДИСКРЕТНИ СИСТЕМИ НА УПРАВУВАЊЕ“  
ОД ПРОФ. Д-Р САШО ГЕЛЕВ, ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ,  
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП**

Врз основа на одредбите од Статутот и Правилникот за единствените основи за остварување на издавачката дејност на Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, како и Одлуката бр. 1802-39/75 од 8.2.2022 година донесена на 176. редовна седница на Наставно-научниот совет на Електротехнички факултет, одржана на 8.2.2022 година, избрана е Рецензентска комисија во состав:

- д-р **Влатко Чингоски**, редовен професор на Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип;
- д-р **Василија Шарац**, редовен професор на Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

за изготвување извештај, рецензија на приложениот ракопис „ДИСКРЕТНИ СИСТЕМИ НА УПРАВУВАЊЕ“ од проф. д-р **Сашо Гелев** наменет за студентите на Електротехнички факултет при Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип.

По прегледот на ракописот, Комисијата до Наставно-научниот совет на Електротехнички факултет го поднесува следниов

## ИЗВЕШТАЈ

**Општи податоци за ракописот:** Учебникот „ДИСКРЕТНИ СИСТЕМИ НА УПРАВУВАЊЕ“ првенствено е наменет за студентите од електротехничката струка на прв циклус студии од насоката Автоматика и системско инженерство на Електротехнички факултет при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, како основен учебник по предметот **Дискретни системи на управување** што се изучува во VI семестар од нивните четиригодишни студии. Содржината на учебникот е прилагодена на наставната програма по овој предмет со фонд на часови 2+1+1 и комплетно ја покрива материјата предвидена за изучување на предметот Дискретни системи на управување.

Учебникот може да го користат и останатите технички факултети на Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип во своите програмски содржини од областа на управување со дискретни системи.

**Податоци за обемот на ракописот:** Учебникот е напишан на А4 формат, нормален проред, фонт Arial со македонска поддршка, големина на буквите 11 и има вкупно 322 страни. Ракописот исто така содржи 222 слики, 615 формули и 5 табели кои се во функција на основниот текстуален материјал. Предложениот обем и содржина ги задоволуваат критериумите според предвидениот број часови и според одредбите од Правилникот за единствените основи за остварување на издавачката дејност на Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип. Ракописот е подготвен за да даде и дополнителни сознанија од областите на управување со дискретните системи согласно пропишаните наставни програми и барањата кои се поставуваат пред студентите од Електротехничкиот факултет. Начинот на изложувањето на материјалот и пристапот кој го користи авторот е во склад со потребите и техничките предзнаења кои треба да ги имаат студентите за совладување на овој предмет.

**Податоци за постоење на сличен или ист наслов:** Според нашите сознанија, ваква едиција која по обемот и содржината ја обработува проблематиката на управување со дискретни системи, а која е во согласност со предметната програмата на Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, не е објавена.

**Краток опис на содржината:** Учебникот е напишан со јасен и разбирлив јазик. Ракописот методолошки е структуриран во девет (9) засебни делови, односно глави, при што секоја глава сама за себе претставува една заокружена целина.

**Во првата глава** е даден сеопфатен опис што претставуваат дискретните системи на управување и објаснети се основните карактеристики на овие системи. Со користење на соодветни примери објаснета е секоја карактеристика на дискретните системи. Истовремено, даден е преглед на тоа какви видови на пренос на сигнали има и какви видови на системи на управување постојат.

**Во втората глава** детално е објаснет начинот на одбирање на сигналите, како и процесот на реконструкција на сигналите.

Авторот посебно нагласува дека клучен проблем на теоријата на дискретни системи, а со тоа и на теоријата на дигитално управување претставува изборот на фреквенцијата на одбирање. Правилен избор на фреквенцијата на одбирање, од друга страна зависи од видот на сигналот кој го одбираме, начинот на обновување на континуалните функции како и за која цел дискретниот систем се користи – дали станува збор за обработка на сигналот или пак станува збор за сигнали користени како регулатор во самиот систем за управување. Ова поглавје дава некои практични сознанија за начинот на избор на фреквенцијата на одбирање.

Во процесот на дигитална обработка на сигналите, основна цел е сигналот да се претстави во дигитална форма, истиот да се измени и по потреба да се трансформира назад од дигитален во континуален облик. Оваа постапка е релативно едноставна затоа што ја знаеме максималната фреквенција на влезниот сигнал, соодветно примената на теоремата на одбирање е директна.

Реконструкцијата или обновувањето на континуалниот сигнал е инверзна операција на операцијата одбирање. Потребно е дискретниот сигнал  $x^*(t)$  да се реконструира во деловите на времето во кои истиот не е дефиниран со што се добива реконструкција на дискретниот сигнал  $x^*(t)$  во континуална функција  $xR(t)$ . Реконструкцијата се извршува во т.н. склопот за обновување кој во терминологијата уште се нарекува и екстраполатор или фиксатор, а неретко во инженерската пракса се користи и зборот „holder” според англискиот збор „Hold Circuit”.

Потребата за реконструкција се јавува во процесот на дигитална обработка на сигналите како и во самата технологијата на дигитално управување со процеси и/или системи. Кај дигиталната обработка на сигналот, дигиталниот сигнал (претставен со низа на бинарни броеви) потребно е да се трансформира наназад во континуален облик.

**Во третата глава** е даден опис на математичките операции за т.н. Z-трансформација и нејзина примена во анализа на дискретните системи. Трансформациите се моќна алатка за анализа на сигналите и системите. Објаснета е потребата и суштината на Z- трансформацијата, опишани се нејзините особини и можноста на примена во анализа на дискретните ЛТИ (линеарни временски непроменливи) системи (англ. Linear time-invariant systems). На пример, може да видиме дека во доменот на Z-трансформацијата (во комплексната z-рамнина) конволуцијата на сигналите е еднаква на множење на нивните z- трансформации. Оваа особина значително го поедноставува аналитичкото одредување на одзивот на ЛТИ системите на произволен облик на возбуда.

**Во глава четири** авторот ги објаснува преносните карактеристики на дискретните системи. Објаснети се првиот, вториот и третиот облик на дискретната преносна карактеристика и првиот, вториот и третиот облик на дискретната фреквентна карактеристика.

Идеалниот селектор создава повеќе хармоници во излезниот сигнал  $x_i^*(t)$  кои се непожелни бидејќи ја изобличуваат информацијата за влезниот сигнал на идеалниот селектор.

Бидејќи интервалот на селекција е мал во однос на периодот на селекција,  $y < T$ , соодветно пренесената енергија низ идеалниот селектор е многу мала. За да се зголеми енергијата која се пренесува низ идеалниот селектор на неговиот излез се поврзува (или се додава) СИСТЕМ ЗА ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА ТРАЕЊЕТО НА СИГНАЛОТ кој сега е потсистем-преносен орган (ПС) во однос на целиот систем.

**Глава пет** е со наслов „Дискретизацијата на континуални регулатори“. Суштината на оваа глава е читателот да се запознае со процесот како континуален регулатор кој е опишан со преносна функција или со диферентна равенка може да се трансформира во соодветно дискретно подрачје.

Во **глава шест** е даден „Математички опис на дискретните системи на управување“. Дискретните системи се опишуваат со диферентни равенки. Диферентни равенки се оние равенки кај кои решението е непозната низа. Решавањето на овој тип на равенки значи да се одредат сите низи  $a_n$  чии членови ја задоволуваат оваа равенка. По правило тие имаат бесконечно многу решенија, затоа ако сакаме во целост да ја одредиме низата, покрај барањето добиеното решение во форма на низа да ја задоволува таа равенка, потребно е да се зададе првиот член, или дополнително уште неколку членови од низата, во зависност од тоа од кој ред е диферентната равенка

**Седмата глава** е посветена на определување на стабилноста на дискретните системи. Стабилноста е една од најважните својства на системите. Ако системот не е стабилен, односно ако при конечна возбуда системот не дава конечен одзив или ако одзивот не тежи кон нула ако не постои надворешна возбуда, во тој случај нема зошто ни да се размислува за неговата точност и чувствителност. Ако системот е стабилен, вообичаено дополнително нè интересира и колку е далеку од работ на стабилност, па ги пресметуваме мерките на релативна стабилност, во прв ред, амплитудата и фазната резерва.

**Глава осум** дава опис на дискретен пропорционално-интегрално-диференцијален регулатор (ПИД регулатор) кој зазема посебно место и има особено значење во процесот на управување со системите во групата на т.н. континуални регулатори. Неговата аналогна примена поминала низ цела низа на верзии од пневматски, преку реле до транзисторски и интегриран регулатор. Денеска скоро сите примени на ПИД регулаторот се во дигитален облик кој се базира на дискретната равенка на регулаторот. Многу е значајно да се разгледа задачата на дискретизација на ПИД регулаторот која е опишана во оваа осма глава од ракописот.

Во **глава девет** авторот детално ги опишува структурите за реализација на дискретни системи. Предмет на проучување во оваа глава е реализација на линеарни, временски непроменливи, дискретни системи. Во општ случај, секој линеарен временски непроменлив дискретен систем може да се опише во временски домен со диферентна равенка од облик:

$$y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k]$$

или после трансформација во трансформациски домен со равенка од облик

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}}$$

Реализацијата на системот опишан со овие равенки може да се изврши со помош на дигитални кола или со помош на програма која се извршува на дигитален компјутер. За првиот начин на реализација се користи терминот хардверска имплементација, додека за вториот се користи термин софтверска имплементација. И во едниот и во другиот случај дискретниот систем може да се претстави со помош на блок дијаграми кои се составени од основните елементи за реализација: множител, суматор и елементи за доцнење. Алтернативен начин на претставување е методата со користење на дијаграми на текот (англ. flow graph), добро познати од теоријата на линеарни временски непроменливи континуални системи. Во секој случај, блок дијаграмот или текот имаат значително влијание на конфигурацијата на хардверот или структурата на програмата со која се реализира системот.

На крајот од учебникот е дадена листа на библиографските единици кои авторот ги консултирал и ги користел при пишување на ракописот. Дел од оваа богата литература може да се најде во електронска форма на интернет и може слободно да се користи од страна на читателите за продлабочување на своите знаења од некои области кои се дел од овој ракопис.

Рецензентите при ревизијата на ракописот можеа да констатираат извонредна систематичност во презентирањето на содржините на ракописот. Авторот покажува големо стручно познавање на третираната проблематика, комбинирање на темите и создавање на една суштинска целина која создава простор, не само за запознавање со проблематиката од страна на студентите, туку и за понатамошни анализи, размислувања и продлабочувања на знаењето од областа на управување со дискретни системи.

## ЗАКЛУЧОК

Овој учебник претставува основа во изучување на тематиката која се однесува на управување со дискретните системи-процеси кои се изучуваат како во електротехничките науки така и во сите други области на управување. Секоја глава е објаснета со голем број на примери преку кои студентите многу полесно може да ја разберат проблематиката која ја изучуваат. Со добро познавање на материјата опишана во овој учебник студентите без тешкотии би можеле да ја следат наставата во слични области и во понатамошниот тек на студирањето.

Врз основа на изложеното може да се заклучи дека предложениот ракопис насловен како „**ДИСКРЕТНИ СИСТЕМИ НА УПРАВУВАЊЕ**“ може со задоволство да биде понуден како учебник согласно со студиските програми и наставните планови по предметот Дискретни системи на управување што се изучува на Електротехничкиот факултет при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип. Ракописот од педагошки и стручен аспект поседува потребно стручно и едукативно ниво соодветно за студентите од прв циклус студии.

Оттука, на Наставно-научниот совет на Електротехничкиот факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип со задоволство му предлагаме ракописот „**ДИСКРЕТНИ СИСТЕМИ НА УПРАВУВАЊЕ**“ од проф. д-р Сашо Гелев да го прифати како учебник по предметот **Дискретни системи на управување** на Електротехнички факултет при Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип.

## РЕЦЕНЗЕНТИ:

**Д-р Влатко Чингоски,**  
редовен професор,  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, с.р.  
**Д-р Василија Шарац,**  
редовен професор,  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, с.р.