



НЕЛІНІЙНІ ТА ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>165 годин / 5,5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доц. Приймак Богдан Іванович, 0681213423</i> Практичні, лабораторні: <i>к.т.н., доц. Приймак Богдан Іванович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NDUzOTYzNjUxMDQx?cjc=afgwpyp</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 141 – "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних здатностей: використовувати точні методи дослідження нелінійних систем для визначення стійкості та якості керування; досліджувати нелінійні системи автоматичного керування (САК) методом гармонічної лінеаризації для встановлення наявності та параметрів автоколивань; застосовувати апарат z-перетворення для складання

математичного опису імпульсних САК; використовувати кореневі, алгебричні та частотні методи для дослідження стійкості імпульсних систем; здійснювати синтез цифрових регуляторів для отримання заданих властивостей замкнених САК.

Предмет навчальної дисципліни – принципи та методи побудови, розрахунку і дослідження нелінійних та дискретних систем автоматичного керування, що застосовуються для автоматизації об'єктів електромеханічної природи різноманітного призначення.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (K01) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K02) здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (K03) здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (K05) здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K06) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K07) здатність працювати в команді; (K08) здатність працювати автономно;

(K14) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою пристроїв автоматичного керування; (K20) усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (K22) здатність використовувати математичні методи та методи теорії автоматичного керування при дослідженні лінійних та нелінійних систем, проводити аналіз показників якості, синтезувати П, ПД, ПІ, ПІД та інші регулятори, складати та аналізувати структурні схеми систем автоматичного керування; (K23) здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.

Знання: (ПР02) знати і розуміти теоретичні основи і принципи роботи пристроїв автоматичного керування, мати навички використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань; (ПР20) знати і розуміти принципи керування лінійними, нелінійними та дискретними системами автоматичного керування; (ПР26) знати і розуміти закони перетворення структурних схем, типові закони керування, методи дослідження стійкості систем автоматичного керування.

Уміння: (ПР06) застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР08) обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних систем із заданими показниками; (ПР10) знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПР11) вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань; (ПР18) самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням та прикладним програмним забезпеченням.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивченню кредитного модуля "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування" передують базові дисципліни "Вища математика", "Теоретична механіка", "Теорія автоматичного керування". Компетенції, знання та уміння,

одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін "Електропривод", "Автоматизований електропривод", "Керування електроприводами", "Електромеханічні системи типових технологічних застосувань".

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 2 розділи.

1. Нелінійні системи автоматичного керування

Тема 1.1. Нелінійні САК та їх особливості.

Тема 1.2. Точні методи дослідження нелінійних САК.

Тема 1.3. Фазові траєкторії та портрети нелінійних САК.

Тема 1.4. Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини.

Тема 1.5. Дослідження стійкості нелінійних систем методом Ляпунова.

Тема 1.6. Частотний критерій абсолютної стійкості нелінійних систем В.-М. П'опова.

Тема 1.7. Метод гармонічної лінеаризації.

Тема 1.8. Алгебричний та частотний методи дослідження автоколивальних.

Тема 1.9. Нелінійні коригувальні ланки.

Тема 1.10. Компенсування шкідливого впливу нелінійностей.

2. Дискретні системи автоматичного керування

Тема 2.1. Дискретні САК та їх основні особливості.

Тема 2.2. Математичний апарат дослідження імпульсних САК.

Тема 2.3. Передатні функції імпульсних САК.

Тема 2.4. Наближене визначення дискретної передатної функції та перетворення структур імпульсних САК.

Тема 2.5. Математичний опис імпульсних систем у просторі стану.

Тема 2.6. Частотні характеристики імпульсних САК.

Тема 2.7. Стійкість імпульсних САК.

Тема 2.8. Псевдочастотні логарифмічні характеристики імпульсних САК.

Тема 2.9. Якість імпульсних САК.

Тема 2.10. Цифрові САК.

Тема 2.11. Синтез цифрових САК.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
2. Phillips C., Harbor R. Feedback control systems, Prentice-Hall, 2000, 658 p.
3. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Уклад.: Б. І. Приймак. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 198 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32086>
4. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування : метод. вказівки до практичних занять / Уклад.: В.Ф. Кудін, Б.І. Приймак. – К.: НТТУ "КПІ", 2010. – 65 с. – Режим доступу: <http://library.kpi.ua:8080/handle/123456789/447>.
5. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування : метод. вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи / Уклад.: В.Ф. Кудін, Б.І. Приймак.

– К.: НТТУ "КПІ", 2011. – 41 с. – Режим доступу: <http://library.kpi.ua:8080/handle/123456789/1489>.

Додаткові:

6. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Уклад.: Б. І. Приймак, М. М. Желінський – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 64 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46174>.
7. Isidori A. *Nonlinear Control Systems (3rd ed.)*, Berlin: Springer, 1995, 541 p.
8. Khalil H.K. *Nonlinear Systems (3rd ed.)*, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002, 768 p.
9. Kudin V.F., Pryymak B.I. *Suboptimal Nonlinear Control for Operation Speed Criterion on the Basis of Invariant Immersion Method // Journal of Automation and Information Sciences.* – 2015. –Vol. 47, № 11. – P. 36-47.
10. Åström K.J. and Wittenmark B., *Computer-controlled Systems*, Prentice Hall, 1997, 559 p.
11. Isermann R. *Digital Control Systems*, Springer, Berlin, 1981, 567 p.
12. Pryymak B., Korol S., Ostroverhov M. *Design of a digital following system of welding robot with a visual sensor // Proc. of the IEEE 19th Intern. Conf. on Smart Technologies "EUROCON-2021", Lviv, Ukraine, 2021. – P. 66-70. DOI: 10.1109/eurocon52738.2021.9535643.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Визначення нелінійних САК. Диференціальні рівняння нелінійних САК та їх структурні схеми. Статичні і динамічні нелінійності. Характеристики основних нелінійних ланок. Література [1], [2], [3].
2	Метод фазового простору. Поняття зображувальної точки, фазової траєкторії та фазового простору. Фазова швидкість. Основні види фазових траєкторій для лінійної системи на фазовій площині. Класифікація фазових траєкторій за типом особливих точок. Література [1], [2], [3].
3	Фазові траєкторії та особливі лінії нелінійних САК. Фазова траєкторія нелінійних систем на фазовій площині: стійка гранична циклічна; нестійка гранична циклічна. Література [1], [3].
4	Дослідження динаміки нелінійних САК на фазовій площині. Дослідження динаміки перехідних процесів в релейних системах методом фазової площини (для двопозиційної та трипозиційної релейної характеристики нелінійної ланки). Лінії перемикання. Література [1], [3].
5	Метод Ляпунова для визначення стійкості нелінійних систем. Прямий метод Ляпунова. Функція Ляпунова та її основні властивості. Повна похідна за часом функції Ляпунова. Рівняння в часткових похідних. Теорема Ляпунова про стійкість. Література [1], [2], [3].

6	Дослідження стійкості методом функцій Ляпунова. Теорема Ляпунова про нестійкість нелінійних систем. Метод Ляпунова-Лур'є. Приклади. Література [1], [2], [3].
7	Дослідження абсолютної стійкості нелінійних САК. Частотний критерій абсолютної стійкості нелінійної САК – метод Пóпова. Загальні поняття та формулювання критерію Пóпова. Приклади. Література [1], [2], [3].
8	Метод гармонічної лінеаризації нелінійних систем. Основна ідея методу гармонічної лінеаризації. Гіпотеза фільтру. Одержання формули гармонічної лінеаризації нелінійної ланки. Література [1], [3].
9	Визначення коефіцієнтів гармонічної лінеаризації. Визначення коефіцієнтів гармонічної лінеаризації нелінійних ланок – однозначних та неоднозначних. Література [1], [3].
10	Метод Попова для дослідження автоколивань. Алгебричний метод визначення автоколивань на основі критерію Михайлова. Критерій стійкості автоколивань. Приклади розрахунку параметрів автоколивань. Література [1], [3].
11	Метод Гольдфарба для дослідження автоколивань. Частотний метод визначення періодичних режимів на основі критерію Найквіста. Приклади. Література [1], [3].
12	Нелінійні коригувальні ланки. Застосування нелінійних коригувальних ланок. Ланка зі змінюваним коефіцієнтом передачі. Псевдолінійні коригувальні пристрої. Література [1], [3].
13	Компенсування нелінійностей САК. Варіанти послідовного і паралельного вмикання компенсувальних нелінійностей, введення зворотного зв'язку. Література [1], [3].
14	Вібраційна лінеаризація нелінійностей. Компенсування нелінійностей САК за допомогою вібраційної лінеаризації. Способи отримання високочастотних коливань. Література [1], [3].
15	Визначення дискретної САК. Структурна схема дискретної САК та перетворення інформації в ній. Типи квантування. Імпульсні системи та їх класифікація. Типи модуляції: АІМ, ШІМ, ЧІМ. Література [1], [2], [3].
16	Решітчасті функції та їх різниці. Поняття про решітчасту функцію. Різниці решітчастих функцій. Прямі та обернені різниці. Література [1], [2], [3].
17	Різницеві рівняння. Лінійні різницеві рівняння. Кореневий критерій стійкості розв'язків різницевих рівнянь. Дискретне перетворення Лапласа та z-перетворення. Література [1], [2], [3].
18	Дискретна передатна функція. Структурна схема імпульсної САК. Поняття дискретної передатної функції та її отримання за таблицями z-перетворень. Література [1], [3].
19	Дискретна передатна функція розімкнутої імпульсної САК. Передатна функція фіксатора нульового порядку. Отримання дискретної передатної функції за формулою розкладання. Приклади.

20	Отримання наближеної дискретної передатної функції. Перетворення структур. Способи наближеного визначення дискретної передатної функції. Основні правила структурних перетворень імпульсних систем. Приклади. Література [1], [3].
21	Опис імпульсних систем дискретними рівняннями стану. Стан та простір стану імпульсної системи. Отримання дискретних рівнянь стану. Поняття про керованість та спостережуваність імпульсних систем. Література [1], [2], [3].
22	Частотні характеристики. Частотні характеристики імпульсних ланок. Їх принципова відмінність від частотних характеристик неперервних ланок. Теорема Котельнікова-Шеннона та визначення періоду квантування в імпульсних САК. Приклад. Література [1], [3].
23	Критерії стійкості імпульсних САК. Кореневий спосіб визначення стійкості. Білінійне перетворення. Критерій Гурвіца. Приклади. Література [1], [2], [3].
24	Псевдочастотні ЛАХ та ЛФХ дискретних систем. Поняття про псевдочастотне перетворення. Побудова псевдочастотних характеристик елементарних ланок. Критерій Найквіста в логарифмічній формі для імпульсних САК. Література [1], [3].
25	Якість керування в дискретних системах. Точність імпульсних систем в усталених режимах. Якість імпульсних систем в перехідних процесах. Література [1], [2], [3].
26	Загальні принципи роботи цифрових САК. Структурна схема цифрової САК. Квантування, кодування та екстраполяція сигналів у цифрових САК. Література [1], [3].
27	Синтез цифрових регуляторів методом псевдочастотних ЛАХ. Передатні функції та логарифмічні характеристики типових дискретних коригувальних ланок. Синтез цифрових регуляторів методом логарифмічних псевдочастотних характеристик. Література [1], [3].

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Повторення базових знань з лінійної частини ТАК. Рівняння динаміки, передатні функції, часові, частотні та логарифмічні частотні характеристики типових ланок САК. Спрощення структурних схем. Отримання рівнянь простору стану. Побудова логарифмічних асимптотичних амплітудних та фазових частотних характеристик. Література [1], [4].
2	Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини. Ліній перемикання та перетворення нелінійної системи рівнянь на дві системи лінійних рівнянь. Побудова фазових траєкторій та ліній перемикання. Література [1], [3], [4].
3	Дослідження стійкості нелінійних САК прямим методом Ляпунова. Функція Ляпунова та її основні властивості. Теорема Ляпунова про стійкість нелінійних систем. Метод Лур'є-Постнікова. Література [1], [3], [4].

4	Дослідження абсолютної стійкості нелінійних САК методом В.-М. Пóпова. Частотний критерій В.-М. Пóпова для нелінійних САК зі стійкою і нестійкою або нейтральною лінійною частиною. Література [1], [3], [4].
5	Визначення параметрів автоколиваний методом Гольдфарба Л.С. Графоаналітичний метод дослідження автоколиваний в нелінійних системах на основі критерію Найквіста. Дослідження стійкості автоколиваний та перевірка гіпотези фільтра. Література [1],[3], [4].
6	Дослідження періодичних режимів в нелінійних системах методом Попова. Аналітичний метод дослідження автоколиваний в нелінійних системах на основі критерію Михайлова. Стійкість автоколиваний та виконання гіпотези фільтра. Література [1], [3], [4].
7	Отримання дискретних передатних функцій ланок і систем. Дискретні передатні функції імпульсних систем. Визначення періоду квантування на основі теореми Котельнікова-Шеннона. Література [1], [3], [4].
8	Дослідження стійкості дискретних систем. Визначення стійкості дискретних систем за кореневим способом. Дослідження стійкості за допомогою аналогів критеріїв Гурвіца та Найквіста в логарифмічній формі. Література [1], [3], [4].
9	Синтез цифрових коригувальних пристроїв в дискретних системах. Псевдочастотні логарифмічні характеристики. Синтез цифрових регуляторів методом псевдочастотних ЛАХ. Література [1], [3], [4].

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1	Дослідження динаміки нелінійних систем автоматичного керування методом фазової площини
2	Дослідження нелінійних систем автоматичного регулювання наближеними методами
3	Дослідження впливу періоду квантування на динаміку дискретної системи автоматичного керування
4	Синтез послідовних цифрових коригувальних пристроїв дискретних систем автоматичного керування

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	50
2	Виконання РГР	15
3	Підготовка до МКР	4
4	Підготовка до заліку	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях, передбачені в РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється згідно із вказівками викладача;*
- *правила захисту індивідуальних завдань: захист РГР з дисципліни здійснюється індивідуально на останньому практичному занятті;*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної чесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при складанні контрольних заходів з дисципліни "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування";*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

***Поточний контроль:** робота на лекційних, практичних і лабораторних заняттях, МКР.*

***Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

***Семестровий контроль:** залік.*

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Загальна рейтингова оцінка студента R складається з балів, які отримані за роботу протягом семестру, а саме за:

- 1) опрацювання 27-ми лекцій (очна форма навчання – написання конспекту лекції, дистанційна форма навчання – відповіді на контрольні запитання до лекції);
- 2) роботу на 9-ти практичних заняттях;
- 3) виконання та захист 4-х лабораторних робіт;
- 4) написання МКР;
- 5) виконання та захист РГР;
- 6) заохочування та штрафкування.

Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні роботи	МКР	РГР
14	9	20	24	33

Лекційні заняття

Ваговий коефіцієнт дорівнює 0,5. Максимальна кількість балів за всі 27 лекцій становить $0,5 \times 27 \approx 14$ балів.

Критерії оцінювання

- опрацювання лекції, представлено впродовж тижня після заняття
0,5
- опрацювання лекції, представлено із запізненням понад тиждень
0...0,25
- неопрацьована лекція
0
- штраф за запізнення та порушення порядку
1

Практичні заняття

Ваговий коефіцієнт дорівнює 1. Максимальна кількість балів за всі 9 практичних робіт становить $1 \times 9 = 9$ балів.

Критерії оцінювання

- конспект практичних завдань, наданий впродовж 2-х тижнів після заняття
1
- конспект практичних завдань, наданий після 2-х тижнів після заняття
0...0,5
- заохочення за активність на занятті
1
- штраф за запізнення та порушення порядку
1

Лабораторні роботи

Ваговий коефіцієнт дорівнює 5. Максимальна кількість балів за 4 лабораторних роботи становить $5 \times 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання

1. Виконання:

- повне та вчасне виконання роботи
1
- відпрацювання пропущеної без поважної причини роботи
0

<u>-штраф за поломку лабораторного обладнання</u>	1...5
<u>-штраф за запізнення чи порушення порядку</u>	1...2

2. Підсумковий бал (виконання та захист):

-вчасний захист звіту при його оформленні до виконання наступної роботи	1...5
-вчасний захист звіту (до проведення екзамену)	0...4
-невчасний захист звіту (після проведення екзамену)	0

Модульна контрольна робота

Ваговий коефіцієнт дорівнює 24. Максимальна кількість балів за МКР становить $24 \times 1 = 8$ балів.

Критерії оцінювання

- повна відповідь (не менше 90% від потрібної інформації)	21...24
- достатньо повна відповідь (не менше 75% від потрібної інформації)	18...20
- неповна відповідь (не менше 60% від потрібної інформації)	15...17
- незадовільна відповідь (менше 60% від потрібної інформації)	0...14
- неявка без поважних причин	0

Розрахунково-графічна робота

Ваговий коефіцієнт дорівнює 33. Максимальна кількість балів за одну розрахунково-графічну роботу становить $33 \times 1 = 18$ балів.

Критерії оцінювання

-вчасний захист роботи у встановлений термін	1...33
-невчасний захист роботи до проведення екзамену	0...20
-невчасний захист роботи після проведення екзамену	0

За плагіат накладається штраф 10 балів та змінюється варіант завдання.

Умовою позитивної проміжної атестації є рейтинг студента не менший 50% від максимально можливого на час атестації. Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8-й тиждень) студент повинен мати не менше 11-ти балів. Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14-й тиждень) студент повинен мати не менше ніж 22 бали.

Умовою допуску до заліку є зарахування розрахунково-графічної роботи, всіх лабораторних робіт, матеріалу лекцій, а також стартовий рейтинг не менше 40% від суми балів, що можна отримати у семестрі, тобто 40 балів.

Критерії залікового оцінювання. Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг менший ніж 60 балів, зобов'язані виконати залікову контрольну роботу. Студенти, які набрали не менше ніж 60 балів, отримують залікову оцінку автоматично відповідно до набраного рейтингу або за власним бажанням виконують залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки. Рейтингова оцінка студентів, які виконують залікову контрольну роботу складається з балів за розрахунково-графічну роботу та балів за залікову контрольну роботу. Нарахування балів за залікову контрольну роботу:

- повна відповідь (не менше 90% від потрібної інформації) 60..67
- достатньо повна відповідь (не менше 75% від потрібної інформації) 50..59
- неповна відповідь (не менше 60% від потрібної інформації) 40..49
- незадовільна відповідь (менше 60% від потрібної інформації) 0

Залікова контрольна робота складається з двох теоретичних питань та однієї задачі. Максимальна оцінка за кожне теоретичне питання дорівнює 17 балів, а за задачу – 33 бали.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Загальна рейтингова оцінка R (сума балів)	Оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
40...59	Незадовільно
менше ніж 40	Недостатньо

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Зміст розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічна робота (РГР) складається з двох частин. Перша частина РГР містить наступні питання. Встановлення існування періодичних коливань в замкненому контурі. Оцінювання стійкості положення рівноваги нелінійної системи за методом В.-М. Пóпова. Здійснення синтезу послідовного коригувального пристрою методом ЛАХ без урахування нелінійної ланки. Визначення наявності автоколивань в скоригованій системі та їх стійкості. Дослідження динаміки замкнутої нелінійної системи з регулятором методом цифрового моделювання за довільних початкових умов.

Друга частина РГР містить такі питання. Визначення періоду квантування імпульсної системи за теоремою Котельнікова-Шеннона. Отримання дискретної передатної функції зведеного об'єкта керування та розімкнутої дискретної системи. Оцінювання стійкості замкнутої імпульсної системи у відповідності до заданого критерію стійкості – кореневого, Гурвіца, Найквіста у логарифмічній

формі. Дослідження динаміки замкнутої імпульсної дискретної системи методом цифрового моделювання.

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. *Визначення нелінійної САК. Статичні і динамічні нелінійності. Характеристики типових статичних нелінійних ланок.*
2. *Точні методи дослідження стійкості нелінійних систем та їх коротка характеристика.*
3. *Наближені методи дослідження нелінійних систем та їх коротка характеристика.*
4. *Метод фазового простору для дослідження нелінійних САК. Поняття зображувальної точки, фазової траєкторії та фазової швидкості.*
5. *Види фазових траєкторій для лінійних систем 2-го порядку та їх класифікація за типом особливих точок.*
6. *Фазові траєкторії та особливі лінії нелінійних САК. Фазовий портрет.*
7. *Дослідження динаміки системи стабілізації з ідеальною релейною двопозиційною характеристикою методом фазової площини.*
8. *Дослідження динаміки системи стабілізації з ідеальною релейною трипозиційною характеристикою методом фазової площини.*
9. *Дослідження динаміки системи стабілізації з гістерезисною релейною двопозиційною характеристикою методом фазової площини.*
10. *Метод Ляпунова для дослідження стійкості нелінійних систем. Функція Ляпунова, її основні властивості та повна похідна за часом. Теорема Ляпунова про стійкість.*
11. *Критерій Пóпова для дослідження абсолютної стійкості нелінійних систем зі стійкою лінійною частиною.*
12. *Критерій Пóпова для дослідження абсолютної стійкості нелінійних систем з нестійкою лінійною частиною.*
13. *Дослідження нелінійних систем методом гармонічної лінеаризації. Основна ідея методу. Гіпотеза фільтру.*
14. *Гармонічна лінеаризація нелінійних ланок – релейної та релейної із зоною нечутливості.*
15. *Метод Гольдфарба для визначення автоколивань у нелінійних системах.*
16. *Метод Попова для визначення автоколивань у нелінійних системах.*
17. *Нелінійні коригувальні ланки.*
18. *Застосування компенсувальних нелінійностей в нелінійних САК.*
19. *Метод вібраційної лінеаризації нелінійностей.*
20. *Визначення дискретної системи та класифікація систем за типом квантування.*
21. *Імпульсні системи та їх класифікація. Типи модуляції: АІМ, ШІМ, ЧІМ*
22. *Математичний апарат дослідження імпульсних систем. Решітчасті функції та їх різниці.*
23. *Лінійні різницеві рівняння. Кореневий критерій стійкості розв'язків різницевих рівнянь.*
24. *Дискретне перетворення Лапласа та z-перетворення.*
25. *Структурна схема імпульсної САК. Поняття дискретної передатної функції.*
26. *Передатна функція фіксатора (екстраполятора) нульового порядку.*
27. *Отримання дискретної передатної функції за таблицями z-перетворень.*
28. *Способи наближеного визначення дискретної передатної функції.*

29. Основні правила структурних перетворень імпульсних систем.
30. Стан та простір стану імпульсної системи. Опис дискретних систем векторно-матричними рівняннями стану.
31. Частотні характеристики імпульсних ланок. Їх принципова відмінність від частотних характеристик неперервних ланок.
32. Імпульсна теорема Котельнікова-Шеннона. Визначення періоду квантування в імпульсних САК на основі імпульсної теореми.
33. Кореневий спосіб визначення стійкості імпульсних систем.
34. Білінійне перетворення. Критерій стійкості Гурвіца.
35. Поняття про псевдочастотне перетворення. Псевдочастотні передатні функції імпульсних систем.
36. Побудова псевдочастотних логарифмічних характеристик імпульсних ланок.
37. Дослідження стійкості імпульсних систем за допомогою критерію Найквіста у логарифмічній формі.
38. Точність імпульсних систем в усталених режимах.
39. Якість імпульсних систем в перехідних процесах.
40. Загальні принципи роботи цифрових САК. Структурна схема цифрової системи, квантування, кодування та екстраполяція сигналів в ній.
41. Синтез цифрових регуляторів методом логарифмічних псевдочастотних характеристик.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав

доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу,
к.т.н. Приймак Б.І.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол

№ 11 від 15 червня 2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16 червня 2022 р.)