



# КУРСОВА РОБОТА З ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

## 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>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>                                                                                                                                               |
| Статус дисципліни                                 | <i>Нормативна</i>                                                                                                                                                                                                          |
| Форма навчання                                    | <i>очна (денна)</i>                                                                                                                                                                                                        |
| Рік підготовки, семестр                           | <i>2 курс, осінній семестр</i>                                                                                                                                                                                             |
| Обсяг дисципліни                                  | <i>1 кредит / 30 годин</i>                                                                                                                                                                                                 |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | <i>Залік</i>                                                                                                                                                                                                               |
| Розклад занять                                    | <i>Консультавання Ср. 08:30 – 10:05</i>                                                                                                                                                                                    |
| Мова викладання                                   | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                          |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Консультавання та приймання захисту курсових робіт: <i>к.т.н., ст. викл. Кулаковський Леонід Ярославович; e-mail: <a href="mailto:kulakovskiy@ukr.net">kulakovskiy@ukr.net</a>; тел. +38-097-453-65-46 (08:00 – 16:00)</i> |
| Розміщення курсу                                  | <i><a href="https://classroom.google.com/c/ODAwOTg5Nzk2MDk5?cjc=scachnl">https://classroom.google.com/c/ODAwOTg5Nzk2MDk5?cjc=scachnl</a></i>                                                                               |

### Програма навчальної дисципліни

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

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- створювати та аналізувати схеми автоматичного керування технологічними процесами;
- проводити аналіз та синтез лінійних систем автоматичного керування, використовуючи основні положення теорії керування;
- використовувати сучасні програмні засоби оброблення сигналів керування (Matlab, MathCad) для вирішення інженерних завдань дослідження стійкості та якості перехідних процесів систем керування.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

(ЗК05) здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (ЗК06) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (ЗК08) здатність працювати автономно; (ФК11) здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків; (ФК14) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з розробкою автоматизованих систем управління із врахуванням експертного досвіду; (ФК25) здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування, системного аналізу та числових методів для розроблення математичних моделей електротехнічних

та мехатронних комплексів, аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

(ПРН17) знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень; (ПРН19) вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням; (ПРН21) застосовувати сучасні методи оптимізації при синтезі електротехнічних та мехатронних систем та комплексів.

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

Кредитний модуль будується на широкій основі з ряду інших дисциплін: механіки, фізики, математики, електроніки, електричних машин, електропривода, гідравліки, обчислювальної техніки, гідропривода та деяких інших, які відображають специфіку об'єктів регулювання та керування.

## **3. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова**

1. Кулаковський Л.Я., Босак А.В. Теорія автоматичного керування: Лінійні системи. Курсова робота [Електронний ресурс] : / навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів» / Електронні текстові дані (1 файл: 1,11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 34 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26328>

2. Сучасна теорія керування динамічних систем / [Г.Ш. Рафіков та ін.] ; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Державний вищий навчальний заклад "Донецький національний технічний університет". Донецьк : ДНВЗ "ДонНТУ", 2013. – 291 с.

3. Корнієнко В.І. Теорія систем керування: підручник / О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, В.П. Щокін; Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет". Дніпро : НГУ, 2017. – 495 с.

4. Ладанюк А. П., Архангельська К. С., Власенко Л. О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навч. посіб. Київ: НУХТ, 2014. – 274 с.

### **Допоміжна**

1. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування: Підручник / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин– Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2012. – 279 с.

2. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник Авт. Сорока К.О. – Харків, ХНАМГ, 2006. – 187 с.

3. Хісматулін В. Ш., Сосунов О. О., Сотник В. О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ. – 2022.

4. Ладанюк А. П., Архангельська К. С., Власенко Л. О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навч. посіб. Київ: НУХТ, 2014. – 274 с.

4. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. Підручник. – К.: "Либідь", 1997. – 410 с.

*Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.*

*Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.*

## Навчальний контент

## 4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

| Тиждень семестру | Назва етапу роботи                                                                                                                                                                                                              | Навч. час |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                  |                                                                                                                                                                                                                                 | СРС       |
| 2                | Отримання теми та завдання                                                                                                                                                                                                      |           |
| 3-4              | Підбір та вивчення літератури                                                                                                                                                                                                   | 3         |
| 5                | Аналіз принципової схеми САК технологічного процесу (схема №1 або схема №2). Необхідно розробити на її основі функціональну та структурну схему САК технологічного процесу.                                                     | 3         |
| 6                | Представлення знайденої передавальної функції розімкнутої системи $W_{PC}(S)$ керування технологічним процесом.                                                                                                                 | 3         |
| 7-8              | Представлення знайденої передавальної функції замкнутої системи по задаючому впливу $W_{zC}^g(S)$ та замкнутої системи по збурюючому фактору $W_{zC}^f(S)$ САК технологічного процесу.                                          | 3         |
| 9-10             | Знаходження значення коренів характеристичного рівняння системи та оцінка по їх значенням стійкості САК. Знаходження визначників Гурвіца характеристичного рівняння замкнутої САК та оцінка стійкості САК за критерієм Гурвіца. | 3         |
| 11               | Представити програму побудови і самі графіки годографів Михайлова та Найквіста. Провести оцінку САК за критеріями Михайлова та Найквіста.                                                                                       | 3         |
| 12               | Представити графік реальної логарифмічно-частотної характеристики замкненої САК.                                                                                                                                                | 3         |
| 13               | Представити графік бажаної та скоригованої логарифмічно-частотної характеристики замкненої САК. Знайти передавальну функцію коригуючого пристрою.                                                                               | 3         |
| 14               | Провести оцінку якості перехідного процесу за результатами моделювання схеми САК з коригуючим пристроєм.                                                                                                                        | 3         |
| 15               | Порівняння результатів моделювання схеми замкненої САК з коригуючим пристроєм і без нього. Провести оформлення курсової роботи у відповідності із вимогами вказаними у методичних вказівках до виконання курсової роботи.       | 3         |
| 16               | Подання КР на перевірку                                                                                                                                                                                                         |           |
| 17               | Захист КР                                                                                                                                                                                                                       |           |

## ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Для всіх студентів пропонується такі теми: 1. Аналіз та синтез системи автоматичного регулювання температури в печі; 2. Аналіз та синтез системи регулювання швидкості обертання електродвигуна постійного струму.

**Завдання:**

Провести аналіз та синтез САК одного із технологічних процесів у відповідності до поставлених завдань. Всі вхідні дані подані під принциповими схемами керування об'єкта регулювання у відповідності із обраним для студента варіантом. Опис принципової схеми та рівняння елементів системи також наводяться в Методичних вказівках до виконання КР.

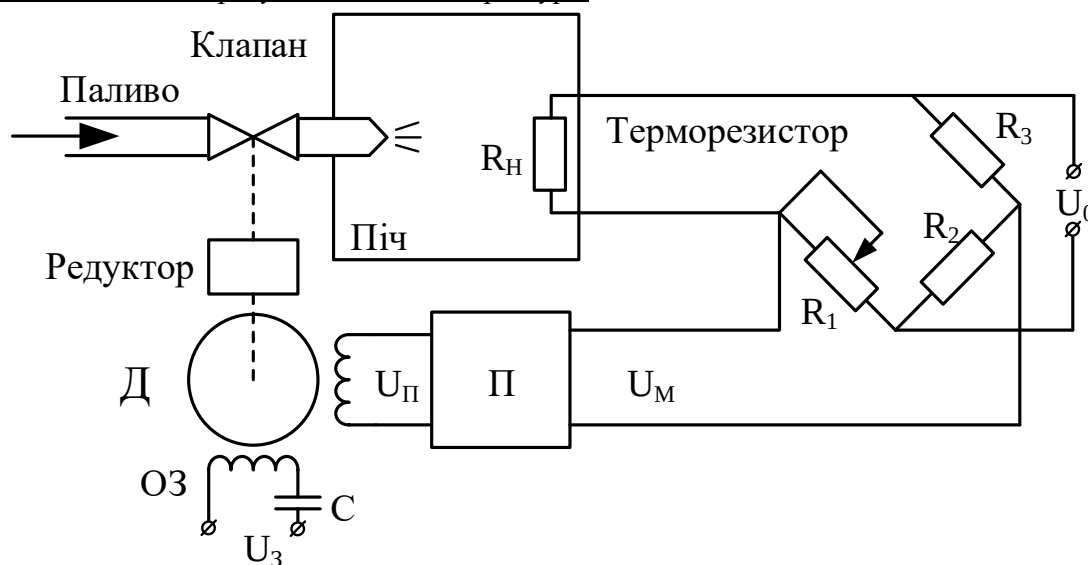
**Хід роботи:**

1. Детально описати призначення і принцип дії САР згідно із варіанту. Скласти структурну схему системи та визначити передавальні функції ланок.
2. Знайти передавальну функцію розімкнутої системи  $W_{PC}(s)$ ; передавальну функцію замкненої системи по задаючому впливу  $W_{zC}^g(s)$ ; передавальну функцію замкненої системи по збурюючому фактору  $W_{zC}^f(s)$ ; передавальну функцію замкненої системи помилково регулювання  $W_{zC}^e(s)$ .
4. Аналіз систем автоматичного регулювання
  - А) Дослідження стійкості системи САК по корням характеристичного рівняння системи;
  - Б) Дослідження стійкості системи САК за критерієм Гурвіца;
  - В) Дослідження стійкості системи САК за критерієм Михайлова;
  - Г) Дослідження стійкості системи САК за критерієм Найквіста.
5. Забезпечення необхідної якості процесу керування. Синтез САР.
6. Здійснити набір схем САР в середовищі Matlab Simulink (скоригованої і нескоригованої системи). Побудувати криві перехідного процесу. Здійснити оцінку якості перехідного процесу за результатами моделювання.

### Варіанти завдань

Варіант 1. Схема 1.

Система автоматичного регулювання температури



На схемі  $\Theta$  – температура печі (регульована величина);  $\Theta_3$  – задане значення температури печі;  $\Delta\Theta = \Theta_3 - \Theta$  – відхилення температури;  $U_0$  – напруга живлення моста;  $U_M$  – вихідна напруга моста;  $U_y, U_v$  – напруги відповідно керування і збудження двигуна;  $\mu$  - переміщення клапана;  $f$  - збурення.

Вихідні дані для схеми 1

| Варіант | $T_0$<br>с | $K_0$<br>°C/см | $K_1$<br>°C/см | $K_M$<br>В/°C | $K_y$ | $T_{дв}$<br>с | $K_{дв}$<br>см/(В·с) | $f$<br>см |
|---------|------------|----------------|----------------|---------------|-------|---------------|----------------------|-----------|
| 1       | 2.5        | 5.0            | 1.2            | 0.8           | 20    | 0.050         | 0.10                 | 0.5       |
| 2       | 1.8        | 4.5            | 1.5            | 0.9           | 15    | 0.040         | 0.15                 | 0.6       |
| 3       | 1.7        | 4.0            | 2.0            | 1.0           | 10    | 0.030         | 0.20                 | 0.7       |
| 4       | 1.6        | 3.5            | 0.5            | 0.5           | 20    | 0.020         | 0.50                 | 0.8       |
| 5       | 1.5        | 3.0            | 0.6            | 0.4           | 25    | 0.015         | 0.40                 | 0.9       |



|    |      |       |     |      |      |      |     |     |      |
|----|------|-------|-----|------|------|------|-----|-----|------|
| 11 | 4.5  | 0.015 | 1.5 | 0.25 | 12.5 | 0.85 | 0.8 | 2.5 | 0.08 |
| 12 | 5.0  | 0.011 | 1.5 | 0.22 | 13.5 | 0.60 | 0.7 | 0.5 | 0.09 |
| 13 | 10.0 | 0.017 | 1.7 | 0.15 | 14.5 | 0.55 | 0.6 | 0.3 | 0.05 |
| 14 | 6.0  | 0.025 | 1.8 | 0.12 | 11.0 | 0.50 | 0.5 | 0.4 | 0.08 |
| 15 | 10.0 | 0.020 | 1.9 | 0.10 | 15.0 | 0.60 | 0.4 | 0.8 | 0.05 |

## 5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчального кредитного модулю «Теорія автоматичного керування-3. Курсова робота» заснована на корпоративній політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і доброчесність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни навчального кредитного модулю «Теорія автоматичного керування-3. Курсова робота» потребує: виконання індивідуальних завдань згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Результатом виконання курсової роботи має бути здобуття вмінь та навичок побудови системи керування певним технологічним процесом. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

## 6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** перевірка виконаних розділів.

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

**Семестровий контроль:** залік.

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів.

Рейтингова оцінка з курсового проекту має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента з курсового проектування та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу. Друга складова характеризує якість захисту студентом курсового проекту.

Розмір шкали стартової складової дорівнює 40 балів, а складової захисту – 60 балів.

**А. Стартова складова (RC):**

- своєчасність виконання графіка роботи з курсового проектування – 5-3 бали;
- сучасність та обґрунтування прийнятих рішень – 12-7 балів;
- правильність застосування методів аналізу і розрахунку – 10-6 балів;
- якість оформлення, виконання вимог нормативних документів – 6-4 бали;
- якість графічного матеріалу і дотримання вимог стандартів – 7-4 бали.

**Б. Складова захисту курсового проекту (RD):**

- повнота аналізу можливих варіантів – 10-6 балів;
- ступінь володіння матеріалом – 15-9 балів;
- ступінь обґрунтування прийнятих рішень – 15-9 балів;
- вміння захищати свою думку – 20-12 балів.

2. Рейтингова оцінка студента визначається як сума рейтингових оцінок за кожний з видів навчальної діяльності як основних (обов'язкових), так і додаткових видів робіт за кредитним модулем протягом семестру з урахуванням заохочувальних та штрафних балів.

Після складання залікового оцінювання визначається рейтингова оцінка (загальний рейтинговий бал)  $RD=RC+RE$ .

Для отримання студентом відповідної оцінки з кредитного модуля (ECTS та традиційної) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею:

| <i>Рейтингові бали, RD</i>                        | <i>Оцінка за університетською шкалою</i> |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $95 \leq RD \leq 100$                             | Відмінно                                 |
| $85 \leq RD \leq 94$                              | Дуже добре                               |
| $75 \leq RD \leq 84$                              | Добре                                    |
| $65 \leq RD \leq 74$                              | Задовільно                               |
| $60 \leq RD \leq 64$                              | Достатньо                                |
| $RD < 60$                                         | Незадовільно                             |
| Невиконання умов допуску до семестрового контролю | Не допущено                              |

#### **7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

В якості семестрового контролю, згідно навчального плану, студенти здійснюють захист курсової роботи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено:** доцент кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів, к.т.н., Кулаковський Леонід Ярославович

**Ухвалено** кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №15 від 04.06.25 р.

**Погоджено:** Методичною комісією ННІЕЕ (протокол №30 від 25.06.25 р.)