

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**

В.о.директора ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження

\_\_\_\_\_ В. В. Каплун

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Основи цифрового керування та програмування  
мікроконтролерів**

галузь знань \_\_\_\_\_ 14 "Електрична інженерія" \_\_\_\_\_

спеціальність \_\_\_\_\_ 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(Електротехніка та електротехнології, Енергетика та електротехнічні системи в  
агропромисловому комплексі) \_\_\_\_\_

спеціалізація \_\_\_\_\_

ННІ \_\_\_\_\_ енергетики, автоматики і енергозбереження \_\_\_\_\_

Розробники: \_\_\_\_\_ доцент, к.т.н., Удовенко О.О., ст.викл. Грищенко В.О. \_\_\_\_\_

Київ – 2020 р.

Робоча програма "Основи цифрового керування та програмування мікроконтролерів" для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Електротехніка та електротехнології, Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі).

Розробники: доцент, к.т.н., Удовенко О.О.  
ст.викл. Грищенко В.О

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматики та  
робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка  
Протокол № 37 від “19” червня 2020р. р

Завідувач кафедри автоматики та  
робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка,  
професор

/В. П. Лисенко/

Схвалено вченою радою навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП України

Протокол від " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р. № \_\_\_\_\_

Голова вченої ради ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження НУБіП України  
професор \_\_\_\_\_/В. В. Каплун/

" " 2020 p.

## 1. Опис навчальної дисципліни.

### "Основи цифрового керування та програмування мікроконтролерів"

| Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень |                                                                                                                                                                         |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Галузь знань                                                                    | 14 "Електрична інженерія"                                                                                                                                               |                       |
| Спеціальність                                                                   | 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка<br>(Електротехніка та електротехнології, Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі) |                       |
| Освітній ступінь                                                                | бакалавр                                                                                                                                                                |                       |
| Характеристика навчальної дисципліни                                            |                                                                                                                                                                         |                       |
| Вид                                                                             | Нормативна (вибіркова)                                                                                                                                                  |                       |
| Загальна кількість годин                                                        | 120                                                                                                                                                                     |                       |
| Кількість кредитів ECTS                                                         | 4,0                                                                                                                                                                     |                       |
| Кількість змістових модулів                                                     | 2                                                                                                                                                                       |                       |
| Форма контролю                                                                  | Екзамен                                                                                                                                                                 |                       |
| Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання             |                                                                                                                                                                         |                       |
|                                                                                 | денна форма навчання                                                                                                                                                    | заочна форма навчання |
| Рік підготовки                                                                  | 2020                                                                                                                                                                    | 2020                  |
| Семестр                                                                         | 6                                                                                                                                                                       | -                     |
| Лекційні заняття                                                                | 30 год.                                                                                                                                                                 | - год.                |
| Практичні, семінарські заняття                                                  | - год.                                                                                                                                                                  | - год.                |
| Лабораторні заняття                                                             | 30 год.                                                                                                                                                                 | - год.                |
| Залік                                                                           | - год.                                                                                                                                                                  | - год.                |
| Іспит                                                                           | 8 год.                                                                                                                                                                  | - год.                |
| Самостійна робота                                                               | 60- год.                                                                                                                                                                | - год.                |
| Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання                   | 4 год.                                                                                                                                                                  | - год.                |
| Загальна кількість годин                                                        | 30 +30+8 год.                                                                                                                                                           | - год.                |

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни.**

**Метою дисципліни** є формування знань з аналізу роботи та синтезу цифрових систем керування технологічними процесами, що застосовуються в сільському господарстві.

Завдання - засвоєння практичних навиків з дослідження та проектування цифрових систем автоматичного керування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **знати:**

- принципи дій та характеристики систем керування, які містять в контурі керування цифрові пристрої;
- методи аналізу цифрових систем керування в часовій та частотній областях;
- способи використання мікропроцесорів у цифрових системах керування та обмеження мікропроцесорних систем керування;
- методи аналізу стійкості та показників якості роботи автоматичних систем з цифровим керуванням;
- основні параметри технічних засобів цифрових систем автоматики.

### **вміти:**

- здійснювати обґрунтований вибір цифрових засобів автоматизації;
- застосовувати методи для аналізу роботи реальних автоматичних систем з цифровим керуванням, що мають місце в сільському виробництві;
- проводити синтез автоматичних систем із заданими показниками якості;
- освоювати нові види автоматичних систем, що впроваджуються в сільськогосподарське виробництво.

### 3. Програма навчальної дисципліни.

#### Змістовий модуль 1. Основи цифрового керування

|                         |    |                                                                                                                                 |
|-------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тема лекційного заняття | 1. | Вступ. Поняття про дискретну систему автоматичного управління. Види дискретизації.. Переваги цифрових систем керування          |
| Тема лекційного заняття | 2. | Імпульсна теорема та вибір періоду квантування. Фіксатор нульового порядку та його характеристики                               |
| Тема лекційного заняття | 3. | Структура Цифрових систем керування.                                                                                            |
| Тема лекційного заняття | 4. | Особливості динаміки цифрових систем керування. Пристрій виборки та зберігання. Ідеальний квантувач та його характеристики.     |
| Тема лекційного заняття | 5. | Z-перетворення. Теореми Z-перетворення. Побудова динамічних характеристик цифрових систем керування за допомогою Z-перетворення |
| Тема лекційного заняття | 6. | Поняття про стійкість цифрових систем керування. Теорема Джурі. W-перетворення.                                                 |
| Тема лекційного заняття | 7. | Цифрові ПІ-регулятори та ПІД-регулятори. Вибір параметрів цифрових ПІ- та ПІД-регуляторів.                                      |
| Тема лекційного заняття | 8. | Порівняння перехідних процесів цифрових систем при П-, ПІ- і ПІД-регулюванні.                                                   |

#### 2 Програмування мікроконтролерів

|                         |    |                                   |
|-------------------------|----|-----------------------------------|
| Тема лекційного заняття | 1. | Вступ. Принцип роботи ПЛК         |
| Тема лекційного заняття | 2. | Визначення компонентів ПЛК        |
| Тема лекційного заняття | 3. | Модулі введення виведення         |
| Тема лекційного заняття | 4. | Способи та мови програмування ПЛК |
| Тема лекційного заняття | 5. | Таймер. Лічильник                 |
| Тема лекційного заняття | 6. | Головне керування. Регістри зсуву |
| Тема лекційного заняття | 7. | Діагностика ПЛК                   |

#### 4. Програма та структура навчальної дисципліни для:

– повного терміну денної форми навчання

| Назви<br>змістових<br>модулів і тем                                                                                                     | Кількість годин |              |          |          |          |      |              |              |          |          |          |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|------|--------------|--------------|----------|----------|----------|------|
|                                                                                                                                         | денна форма     |              |          |          |          |      | Заочна форма |              |          |          |          |      |
|                                                                                                                                         | усього          | у тому числі |          |          |          |      | усього       | у тому числі |          |          |          |      |
|                                                                                                                                         |                 | лекцій       | практич. | лаборат. | індивід. | с.р. |              | лекцій       | практич. | лаборат. | індивід. | с.р. |
| 1                                                                                                                                       | 2               | 3            | 4        | 5        | 6        | 7    | 8            | 9            | 10       | 11       | 12       | 13   |
| Змістовий модуль 1. Основи цифрового керування                                                                                          |                 |              |          |          |          |      |              |              |          |          |          |      |
| Тема 1. Вступ.<br>Поняття про дискретну систему автоматичного управління.<br>Види дискретизації..<br>Переваги цифрових систем керування | 8               | 2            |          | 2        |          | 4    |              |              |          |          |          |      |
| Тема 2.<br>Імпульсна теорема та вибір періоду квантування.<br>Фіксатор нульового порядку та його характеристики                         | 8               | 2            |          | 2        |          | 4    |              |              |          |          |          |      |
| Тема 3.<br>Структура Цифрових систем керування                                                                                          | 8               | 2            |          | 2        |          | 4    |              |              |          |          |          |      |
| Тема 4.<br>Особливості динаміки цифрових систем керування.<br>Пристрій виборки та зберігання.                                           | 8               | 2            |          | 2        |          | 4    |              |              |          |          |          |      |

|                                                                                                                                         |           |           |  |           |  |           |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|--|--|--|--|--|
| Ідеальний квантувач та його характеристики.                                                                                             |           |           |  |           |  |           |  |  |  |  |  |  |
| Тема 5. Z-перетворення. Теореми Z-перетворення. Побудова динамічних характеристик цифрових систем керування за допомогою Z-перетворення | <b>8</b>  | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 6. Поняття про стійкість цифрових систем керування. Теорема Джурі. W-перетворення.                                                 | <b>8</b>  | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 7. Цифрові ПІ-регулятори та ПД-регулятори. Вибір параметрів цифрових ПІ- та ПД-регуляторів.                                        | <b>8</b>  | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 8. Порівняння перехідних процесів цифрових систем при П-, ПІ- і ПД-регулюванні.                                                    | <b>4</b>  | <b>1</b>  |  | <b>1</b>  |  | <b>2</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 1                                                                                                            | <b>60</b> | <b>15</b> |  | <b>15</b> |  | <b>30</b> |  |  |  |  |  |  |
| Змістовий модуль 2. Програмування мікроконтролерів                                                                                      |           |           |  |           |  |           |  |  |  |  |  |  |
| Тема 1. Вступ. Принцип роботи ПЛК                                                                                                       | <b>8</b>  | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 2. Визначення компонентів ПЛК                                                                                                      | <b>8</b>  | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |

|                                           |            |           |  |           |  |           |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------|------------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|--|--|--|--|--|
| Тема 3. Модулі введення виведення         | <b>8</b>   | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 4. Способи та мови програмування ПЛК | <b>8</b>   | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 5. Таймер. Лічильник                 | <b>8</b>   | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 6. Головне керування. Регістри зсуву | <b>8</b>   | <b>2</b>  |  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 7. Діагностика ПЛК                   | <b>12</b>  | <b>3</b>  |  | <b>3</b>  |  | <b>6</b>  |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 2              | <b>60</b>  | <b>15</b> |  | <b>15</b> |  | <b>30</b> |  |  |  |  |  |  |
| Усього годин                              | <b>120</b> | <b>30</b> |  | <b>30</b> |  | <b>60</b> |  |  |  |  |  |  |

### 5. Теми семінарських занять.

| №<br>з/п | Назва теми   | Кількість<br>годин |
|----------|--------------|--------------------|
| 1.       |              |                    |
|          | <b>Разом</b> |                    |

### 6. Теми практичних занять.

| №<br>з/п | Назва теми   | Кількість<br>годин |
|----------|--------------|--------------------|
| 1.       |              |                    |
|          | <b>Разом</b> |                    |

### 7. Теми лабораторних занять.

| №<br>з/п | Назва теми                                                                                                                          | Кількість<br>годин |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1.       | Визначення періоду квантування сигналів цифрових систем керування                                                                   | 2                  |
| 2.       | Використання MATLAB для аналізу цифрової системи керування                                                                          | 2                  |
| 3.       | Дослідження стійкості цифрових систем керування                                                                                     | 4                  |
| 4.       | Дослідження перехідних процесів цифрових систем керування. Вплив періоду квантування на якість перехідного процесу цифрової системи | 2                  |
| 5.       | Синтез управляючих алгоритмів цифрових систем керування за допомогою білінійного перетворення                                       | 2                  |
| 6.       | Дослідження цифрового ПІД-регулятора                                                                                                | 3                  |
| 7.       | Програмування ПЛК                                                                                                                   | 12                 |
| 8.       | Діагностика ПЛК                                                                                                                     | 3                  |
|          | <b>Разом</b>                                                                                                                        | <b>30</b>          |

## **8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.**

1. Що таке Z-перетворення та який його зв'язок з перетворенням Лапласа?
2. Які є алгоритми визначення стійкості цифрових систем керування?
3. Розкрийте поняття псевдочастоти.
4. Вплив періоду квантування на стійкість цифрових систем.
5. Особливості побудови логарифмічних частотних характеристик цифрових систем керування.
6. Як у MATLAB задати передаточну функцію неперервної частини системи?
7. Як у MATLAB отримати Z-перетворення заданої неперервної передаточної функції?
8. Для чого призначений Simulink?
9. Які основні блоки входять до складу Simulink?
10. Як створити робоче вікно моделі?
11. Як створити структурну схему моделі?
12. Яким чином задаються параметри елементів моделі?
13. Які є методи побудови перехідних характеристик цифрових систем керування?
14. Як визначити Z-перетворення вхідного сигналу у вигляді одиничного стрибка?
15. У чому полягає алгоритм побудови' перехідного процесу методом розкладання у степеневий ряд?
16. В якому вигляді повинна бути подана передаточна функція замкненої автоматичної системи при побудові перехідного процесу методом кінцево-різницевого рівнянь?
17. Як змінюються показники якості роботи цифрової системи керування при збільшенні часу квантування?
18. Мета і задачі синтезу цифрових систем керування.
19. Суть білінійного перетворення.
20. Алгоритм синтезу цифрового регулятора.
21. Особливості побудови логарифмічних характеристик цифрових систем керування.

22. Умова фізичної реалізації цифрового регулятора.
23. Принцип практичної реалізації цифрового регулятора.
24. Поясніть структурну алгоритмічну схему цифрового ПД-регулятора.
25. Який принцип покладено при розрахунку інтегрального параметра регулятора?
26. Алгоритм розрахунку параметрів ПД-регулятора.
27. Який вплив на перехідний процес здійснюють інтегральна та диференціальна складові ПД-регулятора.
28. Метод побудови моделі цифрової системи за допомогою MATLAB/ Simulink
29. У чому полягає метод простору станів? Його переваги.
30. Яка умова повної керованості за станом цифрових систем?

## **9. Методи навчання.**

Під час лекційного курсу застосовується слайдові презентації (у програмі Power Point), методичні матеріали, дискусійне обговорення проблемних питань. На лабораторних роботах аналізуються та вирішуються завдання за допомогою комп'ютерної техніки та спеціального програмного забезпечення.

## **10. Форми контролю.**

Поточний контроль знань студентів з навчальної дисципліни проводиться у письмовій формі. Контрольні завдання за змістовим модулем включають тестові питання (30 тестів, одна правильна відповідь з чотирьох запропонованих).

Контроль самостійної роботи проводиться:

з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів;

з лабораторних занять – з допомогою перевірки та захисту лабораторних робіт.

Підсумковий контроль знань відбувається на заліку у письмовій формі у вигляді пакету тестових білетів, які включають 30 тестів (одна правильна відповідь з чотирьох запропонованих, відповідь одним словом, складні питання).

## 11. Розподіл балів, які отримують студенти.

Оцінювання студента відбувається згідно положенням «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 20.02.2015 р. протокол № 6 з табл. 1.

| Оцінка національна | Оцінка ЄКТС | Визначення оцінки ЄКТС                                                                   | Рейтинг студента, бали |
|--------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Відмінно           | A           | <b>ВІДМІННО</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок                  | <b>90 – 100</b>        |
| Добре              | B           | <b>ДУЖЕ ДОБРЕ</b> – вище середнього рівня з кількома помилками                           | <b>82 – 89</b>         |
|                    | C           | <b>ДОБРЕ</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок           | <b>74 – 81</b>         |
| Задовільно         | D           | <b>ЗАДОВІЛЬНО</b> – непогано, але зі значною кількістю недоліків                         | <b>64 – 73</b>         |
|                    | E           | <b>ДОСТАТНЬО</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії                             | <b>60 – 63</b>         |
| Незадовільно       | FX          | <b>НЕЗАДОВІЛЬНО</b> – потрібно працювати перед тим, як отримати залік (позитивну оцінку) | <b>35 – 59</b>         |
|                    | F           | <b>НЕЗАДОВІЛЬНО</b> – необхідна серйозна подальша робота                                 | <b>01 – 34</b>         |

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни  $R_{\text{дис}}$  (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи  $R_{\text{НР}}$  (до 70 балів):  $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$ .

## 12. Методичне забезпечення.

1. Головінський Б.Л., Руденський А.А. Цифрові системи керування. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентів напряму підготовки

6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” - Вид. центр НУБіП України. – 2002. – 39 с.

### **13. Рекомендована література.**

#### **– основна**

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.:Либідь, 2007. – 656 с.
2. Цифрові системи керування. Навчальний посібник / Головінський Б.Л., Шуруб Ю.В., Дудник А.О., Лисенко В.П. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2016. – 110 с.
3. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Бріцький О.І. Теорія автоматичного управління. - К.:Техніка, 2002. - 688 с.
4. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления. – М.:Машиностроение, 1986. – 447 с.
5. Бесекерский В.А. Цифровые автоматические системы. – М.:Наука ,1976. – 576 с.
6. Головінський Б.Л., Шуруб Ю.В., Лисенко В.П. Теорія автоматичного управління: навч. посіб. – К.: Вид.Центр НУБіП України, 2012. – 240 с.

#### **– допоміжна**

1. Ключев А.Ф. Автоматическое регулирование.- М.:Энергия, 1973. – 280 с.
2. Иванов В.А., Ющенко А.С. Теория дискретных систем автоматического управления. – М.:Наука,1983.
3. Имаев Д.Х., Яковлев В.Б. Теория автоматического управления. - К.:Вища школа, 1992. – 215 с.