**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет** інженерії, транспорту та архітектури

**Кафедра** Машин та апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан ФІТА \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Олександренко В.П.

\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**СИЛАБУС**

Навчальна дисципліна **Теорія автоматичного керування**

Освітньо-професійна програма **141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

**Загальна інформація**

|  |  |
| --- | --- |
| **Позиція** | **Зміст інформації** |
| **Викладачі** | **Майдан Павло Сергійович** |
| **Профайл викладача** | <http://maees.khnu.km.ua/?page_id=556> |
| **E-mail викладача(ів)** | [maidanp@khmnu.edu.ua](mailto:maidanp@khmnu.edu.ua) |
| **Контактний телефон** | заповнюється за домовленістю |
| **Сторінка дисципліни в ІСУ** | <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=921> |
| **Навчальний рік** | 2022-2023 |
| **Консультації** | **Очні**: понеділок, 2-а пара, 3-111/бп-513  **онлайн:** за необхідністю та попередньою домовленістю |

**Характеристика дисципліни**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Статус дисципліни | Форма навчання | Загальний обсяг | | Кількість годин | | | | | | Курсовий проект | Курсова робота | Форма семестро-вого контролю | |
| Аудиторні заняття | | | | Індивідуальна робота студента | Самостійна робота, в т.ч. ІРС | Залік | Іспит |
| Кредити ЄКТС | Години | Разом | Лекції | Лабораторні роботи | Практичні заняття |
| В | Д | 4 | 120 | 51 | 17 | - | 34 | – | 69 | – | – | + | – |

**Анотація дисципліни**

Дисципліна «Теорія автоматичного керування» є однією зі спеціальних дисциплін і займає провідне місце у підготовці бакалаврів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Дисципліна викладається для здобувачів освітньо-професійного рівня бакалавр 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

**Мета і завдання дисципліни**

***Мета дисципліни:*** Формування у фахівців навички постановки та вирішення завдань в області аналізу та синтезу систем керування технікою.

***Завдання дисципліни***.Формування практичних навичок із моделювання різних структурних схем САК, аналізу та синтезу САК та визначення стійкості та якості САК.

**Очікувані результати навчання**.

Здобувач, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: знати і розуміти принципи роботи пристроїв автоматичного керування, мати навички використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань, вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням та прикладним програмним забезпеченням.

**Тематичний і календарний план вивчення дисципліни**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **тижня** | **Тема лекції\*** | **Тема практичного заняття\*** | **Самостійна робота студентів** | | |
| **Зміст** | **Год.** | **Література** |
| ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** |
| **1** | Вступ. Загальні відомості про систему автоматичного керування та її будову. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, підготовка до виконання практичної роботи №1. Одержання теми №2. | 3 | Літ.: [4]  c.5-38;  [1],  c.3-9. |
| **2** |  | Практична робота (далі ПР) 1. Складання функціональних схем САК. | Підготовка до захисту практичної роботи № 1. Тест з теми №1 | 3 | Літ.:  [4]  c.5-38;  [1],  c.3-9. |
| **3** | Опис систем автоматичного керування. Статика САК. Статичні характеристики об’єктів. Статична похибка і коефіцієнт передачі. Динаміка САК. Завдання і особливості загальної методики досліджень. Лінеаризація нелінійних рівнянь. Приклади лінеаризації. Операторна форма запису рівнянь динаміки. Приклади складання рівнянь динаміки. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до виконання практичної роботи №2. Одержання теми №3. | 3 | Літ.:  [4]  c.39-69;  [1]  c.10-16 |
| **4** |  | ПР 2. Ознайомлення з пакетом програм MATLAB. | Підготовка до захисту практичної роботи № 2. Тест з теми №2. | 3 | Літ.:  [4]  c.39-69;  [1]  c.10-16 |
| **5** | Типові елементи (ланки) САК. Загальність рівнянь динаміки для об’єктів різної фізичної природи. Безінерційна (підсилювальна) ланка. Аперіодична ланка першого порядку. Ланки другого порядку. Інтегруюча ланка. Диференціююча ланка. Ланка із запізненням |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до виконання практичної роботи №3. Одержання теми №4. | 3 | Літ.:  [4] с.71-80, 116-122;  [1] c.21-24 |
| **6** |  | ПР 3. Складання динамічних рівнянь об’єктів керування САК. | Підготовка до захисту практичної роботи № 3. Тест з теми №3 | 3 | Літ.: [4] с.71-80, 116-122;  [1] c.21-24 |
| **7** | Передавальні функції САК. Поняття передавальної функції. Передавальні функції груп ланок при різному їх з’єднанні. Структурні схеми та їх перетворення. Визначення передавальних функцій САК. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до виконання практичної роботи №4. Одержання теми №5. | 4 | Літ.:  [4] с.71-80, 116-122;  [1] c.21-24 |
| **8** |  | ПР 4. Складання диференціальних рівнянь елементів та системи в цілому. | Підготовка до захисту практичної роботи № 4. Тест з теми №4. | 4 | Літ.:  [4] с.71-80, 116-122;  [1] c.21-24 |
| **9** | Стійкість САК. Поняття стійкості САК. Дослідження і аналіз стійкості за коренями характеристичного рівняння. Алгебраїчні критерії стійкості. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до виконання практичної роботи №5. Одержання теми №6. | 4 | Літ.:  [4]  c.140-155;  [1] c. 25-29 |
| **10** |  | ПР 5. Складання і перетворення структурних схем САК та визначення пере-давальних функцій. | Підготовка до захисту практичної роботи № 5. Тест з теми №5 | 4 | Літ.:  [4]  c.140-155;  [1] c. 25-29 |
| **11** | Частотні характеристики САК. Поняття частотних характеристик. Побудова амплітудно-фазової характеристики. Побудова логарифмічних частотних характеристик ланок різного типу. Побудова логарифмічних частотних характеристик груп ланок. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т6, підготовка до виконання практичної роботи №6. Одержання теми №7. | 4 | Літ.:  [4] c.72-93; [1] c. 30-36 |
| **12** |  | ПР 6. Визначення стійкості САК алгебраїчними методами. | Підготовка до захисту практичної роботи № 6. Тест з теми №6. Модульний тестовий контроль (ТКМ) з тем 3, 4, 5, 6. | 4 | Літ.:  [4] c.72-93; [1] c. 30-36 |
| **13** | Частотні критерії стійкості. Критерій Михайлова. Критерій Найквіста. Аналіз стійкості замкнутої системи за амплітудними і фазовими частот-ними характеристиками розімкнутої системи. Метод D–розбиття. Структурно нестійкі системи. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7, підготовка до виконання практичної роботи №7. Одержання теми №8. | 4 | Літ.:  [4]  c. 155-183, 186-191;  [1] c.37-41. |
| **14** |  | ПР 7. Визначення частотних характеристик розімкнутої САК. | Підготовка до захисту практичної роботи № 7. Тест з теми №7. | 4 | Літ.: [4]  c. 155-183, 186-191;  [1] c.37-41. |
| **15** | Якість лінійних неперервних САК. Загальні відомості про якість САК. Кореневі наближені методи оцінки якості САК. Інтегральні методи оцінки якості САК. Побудова кривих перехідних процесів за допомогою ЕОМ. |  | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т8, підготовка до виконання практичної роботи №8. | 4 | Літ.:  [4]  c. 193-195, 200-204, 211-215;  [1] c. 42-49 |
| **16** |  | ПР 8. Визначення стійкості САК частотними методами. | Підготовка до захисту практичної роботи № 8. Тест з теми №8. | 6 | Літ.:  [4]  c. 193-195, 200-204, 211-215;  [1] c. 42-49 |
| **17** | Підсумкове заняття |  | Захист практичних робіт. | 6 | Літ.:  [4]  c. 193-195, 200-204, 211-215;  [1] c. 42-49 |

***Примітка***: **\*** Лекції, проводяться по дві години, лабораторні заняття по чотири години, крім підсумкового заняття; послідовність проведення занять визначається розкладом (може не відповідати нумерованим тижням)

**Політика дисципліни**.

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Здобувач зобов’язаний відвідувати лекції та практичні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене практичне заняття здобувач зобов’язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До занять здобувач має підготуватись за відповідною темою і проявляти активність. Набутті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (<http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/006.pdf>).

**Критерії оцінювання результатів навчання**.

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за ***чотирибальною*** шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих ***позитивно*** з урахуванням коефіцієнта вагомості і встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. При оцінюванні знань здобувачів використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом розв’язання задач та захисту лабораторних робіт. Оцінка, яка виставляється за лабораторну роботу, складається з таких елементів: знання теоретичного матеріалу з теми; вміння студента обґрунтувати прийняті рішення та розв’язувати задачі; своєчасне виконання завдання.

**Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання аспіранта**

**денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Аудиторна робота | | | | | | | | Самостійна, індивідуальна робота | | Підсумковий контроль, залік |
| Практичні роботи | | | | | | | | Тестовий контроль | Модульний тестовий контроль |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | 1, 2 | За рейтингом |
| ВК: 0,6 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0 |

*Умовні позначення:* Т - тема дисципліни; ВК - ваговий коефіцієнт.

**Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка**  **ECTS** | **Інституційна шкала балів** | **Інституційна оцінка** | | **Критерії оцінювання** |
| A | 4,75-5,00 | 5 | Зараховано | **Відмінно** – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків. |
| B | 4,25-4,74 | 4 | **Добре** – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками. |
| С | 3,75-4,24 | 4 | **Добре** – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками. |
| D | 3,25-3,74 | 3 | **Задовільно** – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією. |
| E | 3,00-3,24 | 3 | **Задовільно** – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання |
| FX | 2,00-2,99 | 2 | Незараховано | **Незадовільно** – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни |
| F | 0,00-1,99 | 2 | **Незадовільно** – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни. |

**Питання для підсумкового контролю з дисципліни**

1. Що розуміється під об’єктом керування в системах автоматичного керування?
2. Яке призначення елементів САК?
3. Поясніть поняття “збурення” в САК і наведіть приклади.
4. Які варіанти позначення додатного пристрою зустрічаються у технічній літературі?
5. Які види вимірювальних елементів (пристроїв) ви знаєте?
6. Наведіть приклади виконуючих елементів.
7. Якими факторами можна нехтувати при складанні рівнянь динаміки?
8. Який операторний вигляд має рівняння:

?

1. Запишіть відповідь на попереднє питання рекомендованою формою, якщо вважати вихідною величиною , а вхідною величиною – .
2. Що таке характеристичне рівняння диференціального рівняння? Що можна сказати з його вигляду?
3. Які типові ланки САК ви знаєте?
4. Напишіть значення передаточної функції в операторному вигляді для ланок, рівняння яких мають такий вигляд:

а) ,  – вихідна величина,  – вхідна величина.

б) те ж саме рівняння, тільки вже  – вихідна величина,  – вхідна величина.

1. Об’єднайте передаточні функції всіх ланок на рисунку нижче до однієї передаточної функції.
2. Об’єднайте передаточні функції всіх ланок на рисунку нижче до однієї передаточної функції.



Які значення коренів характеристичного рівняння вказують на нестійкість САК?



1. Як себе поводить нестійка САК при нескінченному зростанні часу?
2. У чому складається переваги визначення стійкості САК за допомогою алгебраїчних критеріїв?
3. Побудуйте визначник Гурвіца 6-го порядку.
4. Якщо вектор АФХ знаходиться у першому квадранті, чи випереджає вихідна величина вхідну?
5. Як розміщується на комплексній площині вектор АФХ при ? Чому дорівнює його амплітуда?
6. Чи може вихідна величина інерційної ланки випереджати вхідну величину?
7. На якій відстані у декадах розміщується частота 656 с-1 від частоти 10 с-1 вздовж логарифмічної шкали частоти?
8. У яких з вищенаведених ланок амплітуда частотної характеристики може стати нескінченою?
9. На який кут повернеться годограф Михайлова, якщо степінь характеристичного рівняння дорівнює сьомі?
10. Як розміщується годограф Михайлова на комплексній площині при знаходженні системи на межі стійкості?
11. Яке положення АФХ розімкнутої системи з відсутністю додатних коренів характеристичного рівняння сповіщає про знаходження замкнутої системи на межі стійкості?
12. В яких одиницях вимірюються запаси стійкості?
13. В якому квадранті почнеться () АФХ розімкнутої системи з характеристичним рівнянням, що має три нульових кореня?
14. За якими критеріями визначається статичність чи астатичність САК?
15. Як називається відрізок часу до входу значення вихідної величини в останній раз у коридор шириною 5% від сталого кінцевого значення для статичної САК?

**Методичне забезпечення**

Навчальний процес з дисципліни «Теорія автоматичного керування» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. Теорія автоматичного керування. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» / Г.Ф.Воронін. – Хмельницький: ТУП, 2002.– 50 с.
2. Теорія автоматичного керування. Лабораторний практикум для студентів спеціальностей «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» і «Електропобутова техніка». Частина 1. «Аналіз лінійних систем автоматичного керування» / Г.Ф. Воронін, С.Л. Горященко. – Хмельницький: ТУП, 2003.– 60 с.

**Рекомендована література**

**Основна**

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 1997.– 544с.
2. Власов К.П. Теория автоматического управления. Учебное пособие. - X.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007. - 526 с.
3. Справочник по теории автоматического управления. под ред. Красовский А.А. - М.: Наука. Гл. ред. физ. -мат. лит., 1987. –712 с.
4. Воронов А.А. Теория автоматического управления. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления. - М.: Высшая школа, 1986. — 367 стр.
5. Попов А.К. Элементы теории автоматического управления. Ч.1. - М.: 2010. - 208 с.

**Допоміжна**

1. Потапенко Е.М., Казурова А.Е. Основы теории автоматического управления. - Запорожье: ЗНТУ, 2007. – 162 с.
2. Борисевич А.В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. - 200 с.

**Інформаційні ресурси**

1. Модульне середовище для навчання (розміщені усі необхідні матеріали з дисципліни, в тому числі тестові завдання для поточного та семестрового контролю знань), кодове слово «залізяка».
2. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: <http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/p1age_lib.php>
3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/?locale>

Розробник: к.т.н., доц. Павло МАЙДАН

*Погоджено:*

Зав. каф. МАЕЕС д.т.н., проф. Олег ПОЛІЩУК

Гарант ОПП «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ» к.т.н., доц. Павло МАЙДАН