



Теорія та системи автоматичного управління атомних електричних станцій

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 «Атомна енергетика»</i>
Освітня програма	<i>«Атомні електричні станції»</i>
Статус дисципліни	<i>Цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>90 годин/3 кредити ECTS, 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних робіт, 36 годин СРС</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік/ модульна контрольна робота, лабораторні роботи</i>
Розклад занять	<i>У відповідності з rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: ст. викл. Меренгер Петро Петрович, p.merenger@kpi.ua Лабораторні: асист. Беднарська Інна Станіславівна, innabednarska1@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо) E-Campus КПІ: https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=240081</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Теорія та системи автоматичного управління атомних електричних станцій" відноситься до профільюючих дисциплін, які дають основу спеціалізованої підготовки спеціалістів енергетиків.

Для повнішого засвоєння теорія та системи автоматичного управління атомних електричних станцій курсом передбачені лекції та лабораторні роботи.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних фахових здатностей (компетентностей):

1. Здатність застосовувати отримані спеціалізовані концептуальні знання та навички при проектуванні та експлуатації обладнання та систем (ФК 03).
2. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для моделювання систем та процесів (ФК 04).
3. Здатність демонструвати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів в галузі атомної енергетики, умов їх використання та відповідних

обмежень (ФК 08).

4. Здатність приймати ефективні рішення з проектування і експлуатації систем та обладнання реакторних установок з урахуванням вимог що до якості, екологічності, надійності, конкурентоздатності та охорони праці (ФК 11).
5. Здатність застосовувати отримані знання та навички з детерміністичного та імовірнісного аналізу для підвищення надійності та безпеки АЕС із врахуванням вимог чинного законодавства, національних норм, правил і стандартів з ядерної енергетики (ФК 12).
6. Здатність застосовувати отримані спеціальні знання та навички для надійної і безпечної експлуатації АЕС (ФК 13).

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі *програми результати навчання*:

1. Демонструвати спеціалізовані концептуальні знання з атомної енергетики, набуті у процесі навчання та/або професійної діяльності, у тому числі знання і розуміння новітніх досягнень, які забезпечують здатність до інноваційної та дослідницької діяльності (ПРН 02).
2. Застосовувати отримані знання для надійної нормальної експлуатації АЕС та переводу реакторної установки у контрольований безпечний стан в аварійних режимах (ПРН 16).

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

Успішному освоєванню дисципліни в значній мірі буде сприяти та обставина, що цей курс викладається у I семестрі магістратури, коли студенти вже мають базову бакалаврську підготовку вже вивчали такі дисципліни як "Турбіни теплових та атомних електричних станцій", "Теплові та атомні електростанції та установки", «Вищу математику» та інші, які заклали фундамент для вивчення цієї дисципліни. Все це дасть змогу підготувати на високому рівні спеціалістів-теплоенергетиків для атомних електростанцій, які експлуатують теплоенергетичне устаткування.

Результати навчання з даної дисципліни дають уяву про автоматизацію теплоенергетичних процесів на АЕС та задачі, які виконує цех теплотехнічних вимірювань та автоматизації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Елементи теорії автоматичного керування

Тема 1.1. Ідентифікація об'єктів та систем автоматичного керування (САК).

Тема 1.2. Аналіз та синтез систем автоматичного керування.

Розділ 2 Принципи будовання АСУ ТП АЕС

Тема 2.1. Ієрархічна структура АСУ ТП енергоблоку АЕС.

Тема 2.2. АСУ ТП енергоблоку з ВВЕР. Технічні підсистеми АСК ТП.

Тема 2.3. Програми регулювання потужності енергоблоків АЕС з ВВЕР.

Тема 2.4. Локальні автоматичні системи керування допоміжного обладнання АЕС.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Анастасенко С.М. Бугрім Л.І. Білюк І.С., Гаврилов С.О., Жигуліна В.В. Семенов М.М., Шостак О.В. Основи автоматизації об'єктів теплоенергетики. Навчальний посібник для студентів спеціальності 144 "Теплоенергетика". – Миколаїв: НУК. – Львів, «Новий Світ-2000», 2020. - 111 стор.

2. Автоматизація виробничих процесів І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед / Підручник. Вид. 2-ге, виправлене.– К.: Ліра-К – 2021. – 378 с.
3. Синеглазов В.М., Сергеев І. Ю. Автоматизація технологічних процесів. – Київ: НАУ, 2015.– 442 с.
4. Проектування технологічних систем та автоматизація технологічних процесів ТЕС. Навчальний посібник до виконання розрахунків у магістерських дисертаціях за освітньо-професійною програмою для здобувачів ступеня магістр за професійною програмою підготовки «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» П. П. Меренгер, Т. В. Нікуленкова. – Електронні текстові дані (1 файл: 4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 122 с.

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література

5. Вивчення динаміки перехідних процесів у теплоенергетичному обладнанні ТЕС та АЕС: Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт для студентів, які навчаються за спеціальностями 144 «Теплоенергетика» (освітньо-професійна програма «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»), 142 «Енергетичне машинобудування» (освітньо-професійна програма «Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем») / Укладачі: П.П. Меренгер, Т.В. Нікуленкова, Л. Майер. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 59 с.
6. Дослідження одноконтурних систем автоматичного регулювання з пропорційними та пропорційно-інтегральними регуляторами. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм навчання, які навчаються за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» (освітньо-професійна програма «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій») / Укладачі: П.П. Меренгер, Т.В. Нікуленкова, Л. Майер. – Електронні текстові дані (1 файл: 821,4 кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 37 с.

Інформаційні ресурси:

1. Кампус НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://login.kpi.ua/>
2. Науково – технічна бібліотека НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua/>
3. <http://teplota.org.ua>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Лекція 1	<p>Вступ</p> <p>Задачі управління енергоблоками АЕС з різними типами ядерних реакторів. Роль автоматизації виробничих процесів в енергетиці. Задачі управління енергоблоками АЕС з різними типами ядерних реакторів. Автоматизацією механізованого виробництва. Схема взаємозв'язків автоматизованих систем керування. Аббревіатури. Лекція супроводжується показом слайдів за темою. Література: 1 – с. 4–14; 3 – с. 9–12</p>
Розділ 1. Елементи теорії автоматичного керування.	
Лекція 2	<p>Ідентифікація об'єктів та систем автоматичного управління.</p> <p>Функції, виконувані автоматикою. Системи автоматичного управління (САУ). Проблема людина-машина в управлінні обладнанням сучасних атомних</p>

	<p>електростанцій. Схема автоматичної системи безпеки. Основні поняття з теорії автоматичного керування. Об'єкт, ціль, функціональна ціль, основні задачі ТАУ. Розімкнутими та зімкнутими САУ.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 1 – гл.1, розділи 1.1–1.4.</p>
Лекція 3	<p>Структурна схема АСР і її основні особливості.</p> <p>Класифікація АСР. Системи діючих за відхиленням регульованого параметра. Адаптивні САР (система, що самоприспосовується). Принципи аналітичного моделювання.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 1 – гл.2, розділи 2.5–2.6; 9 – гл.1.</p>
Лекція 4	<p>Ідентифікація об'єктів та систем автоматичного управління.</p> <p>Типові динамічні ланки. Статичні та динамічні моделі об'єктів і систем управління. Метод перехідних характеристик («крива» розгону). Типові вхідні збурення. Перехідна функція, передаточна функція.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 3 – с. 34–47.</p>
Лекція 5	<p>Способи математичного опису динаміки АСР за допомогою диференціальних рівнянь.</p> <p>Математична модель об'єктів в вигляді частотних характеристик (КЧХ, АЧХ, ФЧХ). Експериментальний спосіб визначення КЧХ. Динамічні характеристики ділянок регулювання енергоблоку ВВЕР. Модель реактора з урахуванням температурних ефектів реактивності.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 2 – с. 35–49; 5 – с. 10–40</p>
Лекція 6	<p>Способи математичного опису динаміки АСР за допомогою передаточних функцій.</p> <p>Передаточні функції зворотних зв'язків та структурна схема аналізу динаміки реактора ВВЕР. Потужносний коефіцієнт реактивності та аналіз «кривих» розгону реактора з урахуванням цього коефіцієнта.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 4 – с. 3–25.</p>
Лекція 7	<p>Подання динамічних властивостей АСР у вигляді частотних характеристик.</p> <p>Переваги частотних методів аналізу. Подання вхідних та вихідних величин системи в Ейлерівській формі. Типи частотних характеристик, приклади графічного відображення. Годограф.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 5 – с. 6–35.</p>
Лекція 8	<p>Алгоритмічна структура об'єктів та систем управління. Типові зв'язки в алгоритмічних системах керування.</p> <p>Особливості елементарних ланок.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 2 – с. 121–137.</p>
Лекція 9	<p>Стійкість систем автоматичного керування. Типові зв'язки в алгоритмічних структурних схемах САУ.</p> <p>Послідовний зв'язок, паралельний зв'язок та зворотний зв'язок (зустрічно-паралельне</p>

	<p>з'єднання) ланок. Алгебраїчні критерії сталості. Кореневий метод аналізу САК на сталість. Гармонічні критерії сталості. Запас сталості систем автоматичного керування.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 3 – с. 73–90.</p>
Лекція 10	<p>Промислові контролери.</p> <p>Алгоритми функціонування промислових контролерів та способи їх реалізації. Типи регуляторів та параметри динамічної настройки. Якісний аналіз роботи АСК. Прямі та непрямі критерії якості регулювання. Інтегральні, гармонічні та статистичні критерії якості регулювання.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 3 – с. 137–148.</p>
<p>Розділ 2. Принципи побудови АСУ ТП АЕС.</p>	
Лекція 11	<p>Система автоматичного управління енергоблоком АЕС у складі АСУ ТП.</p> <p>Структурна схема ЕБ як багатозв'язаного об'єкта регулювання. Режими роботи блоків при видачі електроенергії у мережу. Принципова блок-схема регулювання потужності ЯЕУ. Перехідні процеси в енергосистемі при стрибкоподібному збільшенні навантаження.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 3 – с. 13–33.</p>
Лекція 12	<p>Структура АСУ ТП енергоблоку АЕС.</p> <p>Основні керовані та керуючі величини енергоблоку.</p> <p>Автоматизована система управління технологічними процесами. Основні поняття: технологічний об'єкт керування, АСУ, ТП, АТК, критерії керування, мета керування. Використання інформаційно-обчислювальних машин в АСУ ТП. Два підходи до будування АСУ ТП енергоблоків. АСУ централізованого контролю та керування і ієрархічна (узагальнена) структура АСУ. Взаємодія апріорної та поточної інформації. Характер перетворювання інформації в АСУ ТП.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 3 – с. 227–240.</p>
Лекція 13	<p>Основні керовані та керуючі величини енергоблоку</p> <p>АСУ ТП енергоблоку з ВВЕР. Технічні підсистеми АСК ТП. Функціональна та інформаційно-алгоритмічна структура АСУ ТП енергоблоку «Комплекс ТИТАН-2»</p> <p>Технічні підсистеми АСУ ТП та їх функціональні можливості. Принципи будування інформаційно-керуючих підсистем УВС в складі АСУ ТП енергоблоку. Режими роботи УВС. Централізація, децентралізація та часткова централізація у керуванні за допомогою УВС. Розподільчі обчислювальні системи. Програмне забезпечення АСУ ТП «Комплекс – Титан 2». АСУ ТП «ІОС-В.440,1000».</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 9 – гл.5; 10 – гл.3,4.</p>
Лекція 14	<p>Комплекс електронного регулюючого приладу потужності енергоблоку з ВВЕР «АРМ-5М».</p> <p>Вимоги до регулятора потужності, особистості його структури. Робота АРМ-5М у режимах: теплотехнічного параметра та в режимі безпосереднього регулювання частоти в енергосистемі. Програма та алгоритми регулювання.</p> <p>Література: 10 – с. 88–117.</p>

	<p>Статичні програми регулювання потужності енергоблоків з ВВЕР. Програма з постійною середньою температурою теплоносія у першому контурі. Програма з постійним тиском теплоносія у другому контурі. Компромісні програми (ФРН, США). Схема регулювання потужності «Ловііза» (Фінляндія).</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 11 – с. 92–121.</p>
Лекція 15	<p>Аварійний захист реактора.</p> <p>Вимоги до аварійного захисту. Надійність систем аварійного захисту.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 9 – с. 198–233.</p>
Лекція 16	<p>Локальні автоматичні системи керування допоміжного обладнання АЕС.</p> <p>Регулювання живлення енергоблоків АЕС. Особливості регулювання рівня у парогенераторах та барабанах-сепараторах. Вимоги до якості регулювання, особливості динаміки. Типова трьох-імпульсна схема АСР живлення.</p> <p>Регулювання тиску та рівня у компенсаторах об'єму. Особливості динаміки. Дискретний характер регулюючих впливів на об'єкт регулювання, позиційне регулювання. Статична характеристика регулятора тиску і схема його реалізації.</p> <p>Схема регулювання рівня у компенсаторі об'єму. Регулювання рівня регенеративних підігрівачів. Регулятор тиску пари при аварійних режимах. Регулятор БРУ-К. Призначення, особливості роботи у «спостережному» режимі. Цифровий регулятор розвороту турбогенераторів.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів за темою.</p> <p>Література: 3 – 149–184; 10 – с. 88–117.</p>
Лекція 17	Заклучна лекція. Стисле підведення підсумків курсу.
Лекція 18	Залікова контрольна робота.

Лабораторні заняття, в основному, присвячені більш глибокому засвоєнню технології регулювання теплогідравлічних процесів:

№ з/п	Назва теми лабораторної роботи та перелік основних питань
<i>Лабораторна робота 1 (4 год)</i>	Визначення параметрів типових динамічних ланок автоматичних систем регулювання за їхніми перехідними характеристиками
<i>Лабораторна робота 2 (2 год)</i>	Дослідження характеристик послідовного з'єднання динамічних ланок
<i>Лабораторна робота 3 (3 год)</i>	Дослідження характеристик з'єднання динамічних ланок зі зворотнім зв'язком
<i>(1 год)</i>	<i>Модульна контрольна робота, частина I</i>
<i>Лабораторна робота 4 (2 год)</i>	Дослідження характеристик коливальної ланки
<i>Лабораторна робота 5 (5 год)</i>	Дослідження одноконтурної системи автоматичного регулювання з пропорційним автоматичним регулятором (для магістрантів що навчаються за професійною освітньою програмою підготовки). Дослідження одноконтурної системи автоматичного регулювання з

	пропорційно-інтегральним регулятором (для магістрантів що навчаються за науковою освітньою програмою підготовки).
(1 год)	Модульна контрольна робота, частина II

6. Самостійна робота магістранта

№ з/п	Назва тем, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Загальний огляд розвитку систем автоматизації технологічних процесів.	4
2.	Отримання «кривих» розгону, приклади для різних типів обладнання.	4
3.	Математичне моделювання теплоенергетичних процесів.	4
4.	Якість керування АСР.	4
5.	Виробники систем автоматичного регулювання, що використовується на вітчизняних АЕС.	4
6.	Особливості динамічних характеристик реактора ВВЕР-1000.	4
7.	Особливість компромісних програм регулювання потужності ВВЕР.	4
8.	Проблема людина-машина в сучасних АСУ ТП.	4
9.	Алгоритмічна структура САУ.	4

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчання проводиться у вигляді потокових лекцій з використанням відеопроєктора, лабораторних робіт з експрес-опитуванням.

Заняття проводяться відповідно до розкладу, запізнення не допускаються. Відвідування занять усіх видів (лекцій та лабораторних робіт) є обов'язковим як при навчанні в аудиторіях, так і при використанні дистанційного режиму навчання. В останньому випадку заняття проводяться в режимі онлайн-конференцій і студенти їх «відвідують» під'єднуючись за наданими викладачем посиланням.

На лабораторних роботах студенти працюють самостійно, використовуючи довідкову літературу.

Правила поведінки на заняттях – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (в тому числі телефоном) іншим студентам слухати лекцію. В аудиторіях/лабораторіях та при дистанційному навчанні вдома дотримуватись правил техніки безпеки при роботі з обладнанням.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів передбачають заохочувальні бали за академічну активність на лекційних заняттях, штрафні бали нараховуються при виявленні фактів порушення правил доброчесності при виконанні контрольних і можуть накладатися у розмірі оцінки передбаченої за конкретну роботу. Модульна контрольна робота пишеться самостійно, користування додатковими матеріалами виключено.

Під час освітнього процесу, а особливо при проведенні контрольних заходів студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності (<https://kpi.ua/code>).

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- виконання та захист лабораторних робіт (18 годин – 9 занять);
- модульна контрольна робота (2 години – 2 контрольні по 1 годині).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Виконання лабораторних робіт:

- активна творча робота – 6 бали;
- плідна робота – 1 бал;
- модульна контрольна робота (2 контрольні по 15 балів за кожну);
- відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –1 бал.

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 14 балів (з них не менше 8 балів за 1-шу частину модульної контрольної роботи). Умовою другої атестації – отримання не менше 34 балів (з них не менше 8 балів за 2-гу частину модульної контрольної роботи).

4. Умовою допуску до залікової контрольної роботи є успішне написання модульної контрольної роботи та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

5. Студенти виконують письмово залікову контрольну роботу. Кожне завдання містить два запитання. Перелік запитань наведений у Рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне запитання (завдання) оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 20–18 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 17–15 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 14–12 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали: лабораторні роботи + МКР + залікова контрольна робота	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено
----------------------------------	-------------

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100–бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до заліку. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 45$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100–бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: https://osvita.kpi.ua/2020_7-170, https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

Навчання в умовах правового режиму воєнного стану передбачає:

- проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- перенесення кінцевих термінів виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- внесення у рейтингову систему оцінювання змін стосовно нарахування штрафних балів - за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково–практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Додаток 1

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (в т.ч. на модульну контрольну роботу)

Модульна контрольна робота, частина I (I-ше питання до залікової контрольної роботи):

1. Задачі управління енергоблоками АЕС з різними типами ядерних реакторів.
2. Роль автоматизації виробничих процесів в енергетиці.
3. Задачі управління енергоблоками АЕС з різними типами ядерних реакторів.
4. Автоматизацією механізованого виробництва. Схема взаємозв'язків автоматизованих систем керування.
5. Елементи теорії автоматичного керування. Ідентифікація об'єктів та систем автоматичного управління.
6. Функції, виконувані автоматикою. Системи автоматичного управління (САУ). Проблема людина-машина в управлінні обладнанням сучасних атомних електростанцій.
7. Схема автоматичної системи безпеки.
8. Об'єкт, ціль, функціональна ціль, основні задачі ТАУ.
9. Розімкнутими та зімкнутими САУ.
10. Структурна схема АСР і її основні особливості.
11. Класифікація АСР. Системи діючих за відхиленням регульованого параметра. Адаптивні САР (система, що самоприспосовується). Принципи аналітичного моделювання.
12. Ідентифікація об'єктів та систем автоматичного управління.
13. Типові динамічні ланки. Статичні та динамічні моделі об'єктів і систем управління.
14. Метод перехідних характеристик («крива» розгону). Типові вхідні збурення. Перехідна функція, передаточна функція.
15. Способи математичного опису динаміки АСР за допомогою диференціальних рівнянь.
16. Математична модель об'єктів в вигляді частотних характеристик (КЧХ, АЧХ, ФЧХ).
17. Експериментальний спосіб визначення КЧХ. Динамічні характеристики ділянок регулювання енергоблоку ВВЕР. Модель реактора з урахуванням температурних ефектів реактивності.
18. Способи математичного опису динаміки АСР за допомогою передаточних функцій.
19. Передаточні функції зворотних зв'язків та структурна схема аналізу динаміки реактора ВВЕР. Потужносний коефіцієнт реактивності та аналіз «кривих» розгону реактора з урахуванням цього коефіцієнта.
20. Подання динамічних властивостей АСР у вигляді частотних характеристик.
21. Переваги частотних методів аналізу. Подання вхідних та вихідних величин системи в Ейлерівській формі. Типи частотних характеристик, приклади графічного відображення.

Модульна контрольна робота, частина II (II-ге питання до залікової контрольної роботи):

22. Алгоритмічна структура об'єктів та систем управління. Типові зв'язки в алгоритмічних системах керування.
23. Особливості елементарних ланок.
24. Стійкість систем автоматичного керування. Типові зв'язки в алгоритмічних структурних схемах САУ.
25. Послідовний зв'язок, паралельний зв'язок та зворотний зв'язок (зустрічно-паралельне з'єднання) ланок.
26. Алгебраїчні критерії сталості.
27. Кореневий метод аналізу САК на сталість. Гармонічні критерії сталості. Запас сталості систем автоматичного керування.
28. Промислові контролери.
29. Алгоритми функціонування промислових контролерів та способи їх реалізації. Типи регуляторів та параметри динамічної настройки.
30. Якісний аналіз роботи АСК. Прямі та непрямі критерії якості регулювання. Інтегральні, гармонічні та статистичні критерії якості регулювання.
31. Принципи побудови АСУ ТП АЕС.
32. Система автоматичного управління енергоблоком АЕС у складі АСУ ТП.
33. Структурна схема ЕБ як багатозв'язаного об'єкта регулювання. Режими роботи блоків при видачі електроенергії у мережу.
34. Принципова блок-схема регулювання потужності ЯЕУ. Перехідні процеси в енергосистемі при стрибкоподібному збільшенні навантаження.
35. Структура АСУ ТП енергоблоку АЕС.
36. Основні керовані та керуючі величини енергоблоку.
37. Автоматизована система управління технологічними процесами. Основні поняття: технологічний об'єкт керування, АСУ, ТП, АТК, критерії керування, мета керування. Використання інформаційно-обчислювальних машин в АСУ ТП.
38. Два підходи до будівництва АСУ ТП енергоблоків. АСУ централізованого контролю та керування і ієрархічна (узагальнена) структура АСУ.
39. Основні керовані та керуючі величини енергоблоку
40. АСУ ТП енергоблоку з ВВЕР. Технічні підсистеми АСК ТП. Функціональна та інформаційно-алгоритмічна структура АСУ ТП енергоблоку.
41. Комплекс електронного регулюючого приладу потужності енергоблоку з ВВЕР «АРМ-5М».
42. Робота АРМ-5М у режимах: теплотехнічного параметра та в режимі безпосереднього регулювання частоти в енергосистемі. Програма та алгоритми регулювання.
43. Статичні програми регулювання потужності енергоблоків з ВВЕР. Програма з постійною середньою температурою теплоносія у першому контурі. Програма з постійним тиском теплоносія у другому контурі. Компромісні програми (ФРН, США). Схема регулювання потужності «Ловіза» (Фінляндія).
44. Аварійний захист реактора. Надійність систем аварійного захисту.
45. Вимоги до аварійного захисту. Надійність систем аварійного захисту.
46. Локальні автоматичні системи керування допоміжного обладнання АЕС.
47. Регулювання живлення енергоблоків АЕС. Особливості регулювання рівня у парогенераторах та барабанах-сепараторах. Вимоги до якості регулювання, особливості динаміки. Типова трьох-імпульсна схема АСР живлення.

48. Регулювання тиску та рівня у компенсаторах об'єму. Особливості динаміки. Дискретний характер регулюючих впливів на об'єкт регулювання, позиційне регулювання. Статична характеристика регулятора тиску і схема його реалізації.
49. Схема регулювання рівня у компенсаторі об'єму. Регулювання рівня регенеративних підігрівачів.
50. Регулятор тиску пари при аварійних режимах.
51. Регулятор БРУ-К. Призначення, особливості роботи у «спостережному» режимі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.викл. Меренгером П.П.

Ухвалено кафедрою Теплоенергетики (протокол № 16 від 18.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією Теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 30.05.2022 р.)