



# Автоматичне управління в енергосистемах

## Силабус освітнього компоненту

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий(магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i><u>Управління, захист та автоматизація енергосистем</u></i>
Статус дисципліни	<i>Нормативні освітні компоненти. Цикл загальної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1курс, осінній семестр(для очної форми навчання)</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредити ECTS (44 годин лекцій, ., 18 годин лабораторних робіт, 10 годин практичних занять)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР/ захист лабораторних робіт / РГР/</i>
Розклад занять	<i><u><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></u> <i>1 лекція (2 години) 2 рази на тиждень; 1 лабораторна робота (2 години) 1 раз на 2 тижні 1 Практичне заняття (2 години) 1 раз на 2 тижні.</i></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. доц. Марченко Анатолій Андрійович, <u><a href="mailto:marchenko-fea@ill.kpi.ua">marchenko-fea@ill.kpi.ua</a></u> Лабораторні та практичні: ас. Гулий Володимир Сергійович , <u><a href="mailto:hulyi-fea@ill.kpi.ua">hulyi-fea@ill.kpi.ua</a></u></i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom <u><a href="https://classroom.google.com/c/MTg4NjQ0NjA1NTMy?cjc=eitt4g7">https://classroom.google.com/c/MTg4NjQ0NjA1NTMy?cjc=eitt4g7</a></u> <u><a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a></u>.</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Автоматичне управління в енергосистемах» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма " Електричні системи і мережі ".

**Метою навчальної дисципліни** є формування у слухачів системи здатностей:  
ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК06. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК01. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач, планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК08. Здатність визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в

електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці, здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичних системах.

ФК17. Здатність визначати типи протиаварійної автоматики та систем керування, необхідні для забезпечення функціонування електроенергетичного обладнання в нормальних та аварійних режимах, та виконувати розрахунки параметрів їх налаштування.

ФК19. Здатність розуміти математичні підходи до принципів автоматичного регулювання в енергетичних системах, особливості функціонування пристроїв регулювання.

**Предмет навчальної дисципліни** – фізичні процеси, принципи побудови систем та окремих пристроїв систем керування електроенергетичними системами, а саме: САРЧП (системи автоматичного регулювання частоти та потужності), регулювання напруги та реактивної потужності в енергосистемах, демпфування коливань потужності для підвищення надійності роботи електроенергетичної системи, виявлення та ліквідації асинхронного режиму. Проведення досліджень і аналіз отриманих результатів із використанням сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-інтегрованих технологій

**Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:**

РН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

РН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

РН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

РН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

РН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

РН08. Враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності.

РН09. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

РН12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

РН14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

РН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

РН21. Вміти обирати засоби протиаварійної автоматики та систем керування, необхідних для забезпечення функціонування електроенергетичного обладнання в нормальних та аварійних режимах, та вміти визначити оптимальні параметри їх налаштування, знати типи протиаварійної автоматики та систем керування, принципи їх функціонування, методи розрахунку параметрів їх налаштування.

РН23. Знати математичні засади принципів автоматичного регулювання в енергетичних системах та особливостей функціонування пристроїв регулювання, відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

*PH26. Знати та розуміти підходи до розв'язання задач визначення напрямків оптимального розвитку електричних систем із застосуванням методів лінійного, нелінійного та дискретного програмування.*

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Обчислювальна техніка та програмування», «Електричні машини» «Електрична частина станцій і підстанцій», «Електричні мережі та системи», «Перехідні процеси в електроенергетиці», «Промислова електроніка». Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для вивчення дисципліни " Автоматичне управління в енергосистемах" та подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти іноземною мовою, оскільки значна частина новітніх технологій в області *автоматичного керування*.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Дисципліну структурно розподілено на 5 розділів, а саме:*

### *1. Вступ.*

*Автоматичне регулювання частоти та активної потужності.*

*Тема 1,1. Баланс активних потужностей та частота змінного струму*

*Тема 1,2. Види регулювання частоти та активної потужності*

*Тема 1,3. Первинне регулювання частоти*

*Тема 1,4. Вторинне регулювання частоти та активної потужності*

*Тема 1,5. Методи регулювання частоти та активної потужності*

### *2. Автоматичне регулювання напруги та реактивної потужності*

*Тема 2.1. Засоби регулювання напруги в енергосистемах.*

*Тема 2.2 Запобігання порушення статичної стійкості та підтримка допустимих рівнів напруги в магістральних мережах 220-750 кВ ОЕС України.*

*Тема 2.3. Аналіз впливу ремонтних (аварійних) режимів на рівні напруги за допомогою використання принципу надійності N-1.*

*Тема 2.4. Ідентифікація та класифікація «критичних місць за напругою» в енергосистемах на базі моделювання режимів за принципом «N-1».*

*Тема 2.5. Аналіз спільної роботи APЗ генератора та статичного тиристорного Компенсатора*

### *3. Гнучкі системи передачі на змінному струмі (FACTS-системи).*

*Тема 3.1. Поздовжня компенсація*

*Тема 3.2. Поперечна компенсація*

*Тема 3.3. Сучасні FACTS .*

### *4. Підвищення надійності роботи електроенергетичної системи.*

*Тема 4.1. Причини та фізична природа коливань потужності, вплив на надійність режимів, актуальність аналізу та необхідність демпфування.*

*Тема 4.2. Формування критеріїв демпфування коливань потужності.*

## 5. Асинхронний режим в енергосистемах.

Тема 5.1. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення кута між несинхронними EPC.

Тема 5.2. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (качання) напруги.

Тема 5.3. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) струму.

Тема 5.4. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) активної потужності.

Тема 5.5. Способи ліквідації асинхронного режиму.

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Основні інформаційні ресурси:

1. Яндульський О. С., Стелюк А. О., Лукаш М. П. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах/Під загальною редакцією д. т. н. ОС Яндульського //К.: НТУУ «КПІ. – 2010.
2. Яндульський О. С., Заболотний І. П., Кобозев В. П. Автоматичне регулювання в електричних системах. – Донецьк:Ноулідж, 2010. – 189с.
3. План розвитку Об'єднаної енергетичної системи України на 2016-2025 роки <https://de.com.ua/uploads/0/1704-%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%2016-25%20%D0%B7%20%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8.pdf>
4. <https://www.ukrenergo.energy.gov.ua/> - офіційний сайт Державного підприємства «Національна енергетична компанія "Укренерго"».
5. Галузевий керівний документ 34.35.108-2004. Керівні вказівки з протиаварійної автоматики енергосистем. Видання офіційне. - К.: ОЕП «ГРІФРЕ». - 2004. - 41 с.
6. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила / – Київ : Індустрія, 2010, 608 с
7. Черемісін М. М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів.— Харків: Факт, 2005.

### Додаткові:

8. Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах: комп'ютерний практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові дані (1 файл: 3,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 32с <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/>
9. Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах: Розрахунок добового графіка навантаження та визначення резерву потужності в енергосистемі. Домашня контрольна робота. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові дані (1 файл: 3,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 28 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/>
10. R. Sastry Vedam Power quality. VAR Compensation in Power Systems, Taylor & Francis Group, LLC, 2009, 268 p.
11. Saccomanno F. Electric power systems. Analysis and Control, IEEE Press Series on Power Engineering, 2005, 728 p.

12. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів: Наказ Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06>.
13. Правила користування електричною енергією: Постанова Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України від 31.07.1996 № 28 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96>.
14. Автоматичне управління в енергосистемах. Дослідження системи автоматичного регулювання частоти та активної потужності об'єднаної енергосистеми. Розрахунково-графічна робота. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові данні (1 файл: 0,650 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 19 с. [https://drive.google.com/file/d/1yRHsKfPTC-G\\_G40T3wG5JU1ptZEkwML7/view](https://drive.google.com/file/d/1yRHsKfPTC-G_G40T3wG5JU1ptZEkwML7/view)
15. Автоматичне управління в енергосистемах. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові данні (1 файл: 0,850 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 35 с. <https://drive.google.com/file/d/1gJN11UDjUePxqIHIED02XI6RsHaX1ZTk/view>
16. Автоматичне управління в енергосистемах. Лабораторний практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові данні (1 файл: 1,79 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 44 с. [https://drive.google.com/file/d/1cosdwxwY\\_jSbrroJOBbl-Xg95pJmndvF/view](https://drive.google.com/file/d/1cosdwxwY_jSbrroJOBbl-Xg95pJmndvF/view)

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<b>Розділ 1. Вступ. Автоматичне регулювання частоти та активної потужності.</b>
1	Тема 1,1. Баланс активних потужностей та частота змінного струму Літературні джерела: [1-10]
2	Тема 1,2. Види регулювання частоти та активної потужності Літературні джерела: [1-10]
3	Тема 1,3. Первинне регулювання частоти Літературні джерела: [1-10]
4	Тема 1,4. Вторинне регулювання частоти та активної потужності Літературні джерела: [1-10]
5	Тема 1,5. Методи регулювання частоти та активної потужності Літературні джерела: [1-10]
	<b>Розділ 2. Автоматичне регулювання напруги та реактивної потужності.</b>
6.	Тема 2.1. Засоби регулювання напруги в енергосистемах. Літературні джерела: [1-10]
7	Тема 2.2 Запобігання порушення статичної стійкості та підтримка допустимих рівнів напруги в магістральних мережах 220-750 кВ ОЕС України. Літературні джерела: [1-10]
8	Тема 2.2 Запобігання порушення статичної стійкості та підтримка допустимих рівнів

	<i>напруги в магістральних мережах 220-750 кВ ОЕС України. (продовження) Літературні джерела: [1-10]</i>
9	<i>Тема 2.3. Аналіз впливу ремонтних (аварійних) режимів на рівні напруги за допомогою використання принципу надійності N-1. Літературні джерела: [1-10]</i>
10	<i>Тема 2.4. Ідентифікація та класифікація «критичних місць за напругою» в енергосистемах на базі моделювання режимів за принципом «N-1». Літературні джерела: [1-10]</i>
11	<i>Тема 2.5. Аналіз спільної роботи АРЗ генератора та статичного тиристорного Компенсатора Літературні джерела: [1-11]</i>
	<b>Розділ 3. Гнучкі системи передачі на змінному струмі (FACTS-системи).</b>
12.	<i>Тема 3.1 Поздовжня компенсація. Основні положення . Приклади. Літературні джерела: : [1-11]</i>
13.	<i>Тема 3.2. Поперечна компенсація. Основні положення . Приклади Літературні джерела: : [1-11]</i>
14.	<i>Тема 3.3. Сучасні FACTS Літературні джерела: : [1-11]</i>
	<b>Розділ 4. Підвищення надійності роботи електроенергетичної системи.</b>
15.	<i>Тема 4.1 Причини та фізична природа коливань потужності, вплив на надійність режимів, актуальність аналізу та необхідність демпфування. Літературні джерела: : [1-11]]</i>
16.	<i>Тема 4.1 Причини та фізична природа коливань потужності, вплив на надійність режимів, актуальність аналізу та необхідність демпфування. (продовження) Літературні джерела: : [1-11]]</i>
17.	<i>Тема 4.2. Формування критеріїв демпфування коливань потужності. Приклади. Літературні джерела: : [1-11]]</i>
	<b>Розділ 5. Асинхронний режим в енергосистемах.</b>
18.	<i>Тема 5.1. Ознаки асинхронного режиму. Періодична зміна кута між несинхронними ЕРС. Літературні джерела: : [1-11]]</i>
19.	<i>Тема 5.2. Ознаки асинхронного режиму. Періодична зміна (качання) напруги. Літературні джерела: : [1-11]]</i>
20.	<i>Тема 5.3. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) струму. Літературні джерела: : [1-11]]</i>
21.	<i>Тема 5.4. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) активної потужності. Літературні джерела: : [1-11]</i>
22	<i>Тема 5.5. Способи ліквідації асинхронного режиму. МКР Літературні джерела: : [1-13]</i>

#### **Практичні заняття**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми практичного заняття</b>	<b>Кількість ауд. годин</b>
1	<i>Заняття 1-3 Автоматичне регулювання частоти та активної потужності. Літературні джерела: [1-11]</i>	6
2	<i>Заняття 4-5. Автоматичне регулювання напруги та реактивної потужності Літературні джерела: [1-11]</i>	4

	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>10</b>
--	----------------	-----------

### **Лабораторні заняття**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва лабораторної роботи</b>	<b>Кількість ауд. годин</b>
1	Заняття 1. Ознайомлення з програмним забезпеченням POWER FACTORY Літературні джерела: [1-11]	2
2	Заняття 2. Регулювання частоти та активної потужності в Енергосистемі Літературні джерела: [1-11]	4
3	Заняття 3. Моделювання роботи автоматичного регулятора збудження генератора та статичного тиристорного компенсатора у динамічних режимах Літературні джерела: [1-11]	6
4	Заняття 4. Дослідження асинхронного режиму в Енергосистемі Літературні джерела: [1-11]	6
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>18</b>

### **6. Самостійна робота студента**

<b>№з/п</b>	<b>Вид самостійної роботи</b>	<b>Кількість годин СРС</b>
1	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-3, 6, 7]	58
2	Підготовка до МКР Літературні джерела: [4]	14
3	Підготовка до РГР Літературні джерела: [3-5, 10]	20
4	Підготовка до екзамену	16

### **Політика та контроль**

#### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та комп'ютерному практикуму, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахункової роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із

нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання студентом комп'ютерного практикуму та РГР.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання РГР та комп'ютерного практикуму передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Автоматичне управління в енергосистемах»
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

**Поточний контроль:** МКР, РГР..

**Календарний контроль:** провадиться один раз в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** екзамен

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, виконані та захищені всі лабораторні роботи, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання розрахунково-графічної роботи (РГР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Виконання та захист лабораторних робіт	РГР	Робота на практичних заняттях	МКР	Рс	Рекз	Р
--	-----	-------------------------------	-----	----	------	---



20	15	5	20	60	40	100
----	----	---	----	----	----	-----

### **Виконання та захист лабораторних робіт**

Ваговий бал – 6.

Максимальна кількість балів на всіх заняттях – 5 балів \* 4 = 20бал.

#### **Критерії оцінювання**

- студент не набрав необхідну кількість балів для позитивної оцінки, або не виконав завдання практикуму звіт не представлений – повертається на доопрацювання або відпрацювання у відведені навчальним графіком терміни - 0 балів.
- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 3,0 бали;
- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 3,5 – 4,4 балів;
- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, відповідь на питання до захисту має неточності – 4,5 – 4,9 балів;
- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, повна відповідь на питання за темою заняття – 5 балів.

За невчасну подачу звіту нараховуються -0,2 штрафні бали за кожен тиждень затримки.

### **Індивідуальне семестрове завдання (РГР)**

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 15.

#### **Критерії оцінювання**

- повне, точне і вчасне виконання, повна відповідь на питання за темою роботи – 15 бали;
- є окремі несуттєві помилки – 13,5...14,9 балів;
- робота неповна, є окремі суттєві помилки – 9,0...13,4 балів;
- робота виконана невірно – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -0,5 за кожен тиждень понад встановлений термін.

### **Робота на практичних заняттях:**

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх заняттях – 1 бал \* 5= 5балів.

#### **Критерії оцінювання**

- бездоганна робота – 1 бал;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 0,6-0,9 бала;
- відсутність на занятті без поважних причин – 0 балів.

### **Модульна контрольна робота**

Модульна контрольна робота складається з двох КР кожна КР з одного теоретичного запитання та практичного завдання.

Ваговий бал теоретичне запитання – 4.

Ваговий бал практичного завдання – 6.

Максимальний бал за МКР (2 КР) – 20.

### Критерії оцінювання

- правильні (відповідь на питання / вирішення завдання) – 100% від кількості балів за завдання;
- часткові (відповідь на питання / вирішення завдання), наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за завдання;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за завдання;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

### Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з трьох теоретичних запитань та задачі. Максимальна сума балів складає 40. Необхідною умовою допуску до екзамену, є зарахування РГР, МКР, виконання та захист завдання лабораторних робіт, рейтингова оцінка за семестр не менше 0,3R, що дорівнює 30 балів.

### Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг  $R_c \geq 0,9 \cdot R_s$ , тобто 54 балів – зараховується за згодою "С" або "В" "добре" оцінку "автоматом"..

Рейтинг  $R_c$  в межах  $(0,3 - 0,53) \cdot R$ , тобто 30 – 53 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену  $R_e = 40$  балів.

Рейтинг екзамену  $R_e = 33 - 40$  балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену  $R_e = 25 - 32$  балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену  $R_e = 16 - 24$  балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів моделювання складних динамічних систем. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену  $R_e \approx 15$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів моделювання складних динамічних систем, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Завдання на РГР

Метою виконання розрахунково графічної роботи студентами є закріплення лекційного матеріалу. Робота призначена розвинути вміння дослідити роботу системи автоматичного регулювання частоти та потужності (САРЧП) та виконати аналіз її роботи в різних режимних умовах.

Для запропонованих параметрів систем автоматичного регулювання (САРЧП на системному та станційному рівнях, автоматичного регулятора швидкості, сталої часу генератора тощо) відповідно до індивідуального варіанту необхідно виконати моделювання роботи САРЧП при виникненні стрибкоподібного та неперервного збурення.

**Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль**

*На семестровий контроль виносяться всі теми з переліку лекційних занять. Теоретичні запитання та практичне завдання з лекційного курсу, лабораторних та практичних занять.*

***Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)***

*складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем,  
к.т.н. Марченко А. А.*

*Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8  
від 18.04.2023 р.)*

*Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)*

## Індивідуальні завдання на модульну контрольну роботу

## Контрольні завдання до КР1

## Питання

1. Який вигляд має рівняння руху ротора синхронного генератора та його рішення?
2. Назвіть причини виникнення та прояви небалансів активної потужності.
3. Чому для підтримання бажаної частоти в ЕЕС треба підтримувати баланс потужностей генерації та навантаження? Зв'язок між балансом активних потужностей та частотою мережі.
4. Для чого графік навантаження ЕЕС поділяють на планову та позапланову складові?
5. Назвіть види регулювання частоти та потужності і чим вони відрізняються.
6. Що таке статична частотна характеристика генерації та споживання?
7. Що таке статизм регулювання і як його визначають?
8. Що таке крутизна с.ч.х. і як вона зв'язана зі статизмом?
9. Який вигляд має статична характеристика регулювання агрегату?
10. Як одержують с.ч.х. генеруючої частини ЕЕС, і чому вона має змінний нахил у діапазоні змінення частоти?
11. Поясніть, чому розподіл навантаження між паралельно працюючими генераторами здійснюється обернено пропорційно коефіцієнтам статизму регулювання?
12. Що таке с.ч.х. споживання та регульовальний ефект навантаження? Як визначають крутизну такої с.ч.х.
13. Як визначають суміщену с.ч.х. генеруючої частини ЕЕС та споживання та її крутизну?
14. Що таке сальдо зовнішніх перетоків ЕЕС?
15. Як забезпечується регулювання частоти і сальдо перетоків в ОЕС?
16. Які рівні регулювання охоплює дія САРЧП в ОЕС та ЕО і чим вони представлені? Які задачі на них вирішуються?
17. Поясніть принцип дії САРЧП на системному рівні.
18. Назвіть режими роботи (регулювання) САРЧП і чим вони відрізняються?
19. Чому на системному рівні САРЧП застосовують пропорційно-інтегральний регулятор?

## Типові задачі

1. В ОЕС після відключення генератора сумарна зміна потужностей п'яти генераторів склала  $P_{Г\Sigma} = 500$  МВт. Визначить зміну потужності окремого генератора, якщо статизми АРШ окремих генераторів складають:  $S_{Г1} = S_{Г2} = 6\%$ ,  $S_{Г3} = S_{Г4} = 5\%$  і  $S_{Г5} = 4\%$ . Номінальні потужності генераторів відповідно дорівнюють:  $P_{Г1} = P_{Г2} = 500$  МВт,  $P_{Г3} = 300$  МВт,  $P_{Г4} = P_{Г5} = 800$  МВт.
2. При виникненні стрибкоподібного небалансу активної потужності, зміни активної потужності склали: генерації -  $\Delta P_{Г} = 520$  МВт, навантаження -  $\Delta P_{Н} = 40$  МВт. Сумарна крутизна с.ч.х. дорівнює  $k_{\Sigma}^{OFC} = -3500 \frac{\text{МВт}}{\text{Гц}}$ . Визначте відхилення частоти та сумарну зміну активної потужності  $\Delta P$  в ОЕС. Побудуйте суміщену с.ч.х. генерації та споживання ОЕС
3. В ОЕС відключився генератор. При цьому зміна частоти в ОЕС склала  $\Delta f = -0,04$  Гц. Визначте сумарну зміну активної потужності  $\Delta P$  в ОЕС, а також зміни активних потужностей генерації  $\Delta P_{Ген}$  та навантаження  $\Delta P_{Нав}$ . Сумарна крутизна с.ч.х. генерації в ОЕС дорівнює  $k_{Г}^{OFC} = -15000 \frac{\text{МВт}}{\text{Гц}}$ , а навантаження  $k_{Н}^{OFC} = 1000 \frac{\text{МВт}}{\text{Гц}}$

## Контрольні завдання до КР2

### Питання

1. Чи є напруга загальносистемним параметром? Поясніть чому.
2. Як впливає зміна напруги на продуктивність роботи споживачів електроенергії?
3. Чим визначається значення напруги у вузлі? Запишіть рівняння балансу реактивних потужностей вузла, до якого підключений шунтувальний реактор (батарея статичних конденсаторів).
4. Які розрізняють способи регулювання напруги? Поясніть детально кожен з них.
5. Яке призначення автоматичного регулятора збудження генератора? Наведіть структурну схему контуру АРЗ – генератор. Поясніть принцип його роботи у разі зниження напруги на генераторній СШ.
6. Що таке «зустрічне регулювання» напруги? Чим це обумовлено?
7. Який принцип дії синхронних компенсаторів та батареї статичних конденсаторів? В чому їх особливості? Яка область їх використання?
8. До системи шин (СШ) підключений СК (БСК). Виконайте аналіз їх роботи у разі зниження напруги на СШ, до якої підключений СК (БСК).
9. Що таке PV-вузол? Чому генератор з АРЗ можна розглядати як PV-вузол? Чим це обумовлено?
10. Наведіть структурну схему регулятора напруги АРЗ. Поясніть принцип його роботи.
11. На СШ підвищилась напруга. Як це вплине на значення активної та реактивної потужностей? Чим це обумовлено?
12. Як впливають зміни значень  $T_{ф.р}$  та  $U_{f.min}$ ,  $U_{f.max}$  на якість перехідного процесу? Виконайте моделювання. Дайте відповідь використовуючи результати моделювання.
13. Що являють собою системи гнучкої передачі змінним струмом (FACTS-системи)? Яке призначення систем ГПЗС з поздовжньою та поперечною компенсацією?
14. Яке призначення СТК? Який його принцип дії? Наведіть його структурну схему.
15. Навіщо в СТК застосовуються фільтри вищих гармонійних складових? Чим це обумовлено?
16. Наведіть вираз для реактивної потужності СТК? Якими складовими вона визначається?
17. Наведіть характеристику роботи СТК? Яка відмінність між статичною та астатичною характеристиками? Чим визначається кут нахилу характеристики?
18. До СШ підключена БСК. Запишіть вираз для коефіцієнта потужності. Якими складовими він буде визначатися? Чи можна змінити значення коефіцієнту потужності шляхом змінення значення активної потужності?
19. На СШ знизилась напруга. Як це вплине на значення активної та реактивної потужностей? Чим це обумовлено?

### Типові задачі

1. У вторинному регулюванні напруги беруть участь 3 генератора та 2 синхронних компенсатора (СК). Параметри генераторів:  $P_{гном} = 250\text{МВт}$ ;  $\cos\phi_n = 0,85$ . Номінальна потужність окремого СК -  $Q_{ск} = 60\text{Мвар}$ . Визначить коефіцієнти часткової участі генераторів та СК у вторинному регулюванні напруги, якщо їх поточне реактивне навантаження складає:  $Q_{г1} = 60\text{Мвар}$ ,  $Q_{г2} = 90\text{Мвар}$ ,  $Q_{г3} = 80\text{Мвар}$ ,  $Q_{ск1} = 30\text{Мвар}$ ,  $Q_{ск2} = 40\text{Мвар}$ .
2. До системи шин (СШ) підстанції 110 кВ, напруга на якій в усталеному режимі підтримується на рівні 108 кВ, підключено статичний тиристорний компенсатор (СТК). Внаслідок відключення ЛЕП в мережі напруга на СШ зменшилась до 105 кВ. Визначить зміну потужності генерації СТК, якщо коефіцієнт його статизму дорівнює  $S_{СТК} = -0,2 \frac{\text{кВ}}{\text{Мвар}}$
3. До системи шин (СШ) підстанції 110 кВ підключено статичний тиристорний компенсатор (СТК). Задана уставка за напругою - 110 кВ. Внаслідок відключення лінії електропередачі напруга знизилась до 105 кВ. Визначить зміну реактивної потужності СТК, якщо його статизм складає  $S_{СТК} = -4\%$ , а номінальна потужність -  $Q_{ск} = 150\text{Мвар}$ .