



# Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 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>Електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ECTS (лекцій – 54, практичних занять – 36, самостійна робота - 60)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; практичні заняття – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, <i>nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i> Практичні: к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, <i>nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/MjYxMDA3NDY5OTM1?cjc=mzrotys">https://classroom.google.com/c/MjYxMDA3NDY5OTM1?cjc=mzrotys</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» складена відповідно до освітньої-наукової програми підготовки магістра «Електричні станції» галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів наступних компетентностей:

**ЗК08.** Здатність працювати автономно та в команді.

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

**ФК14.** Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

**Програмні результати навчання:**

**ПРН02.** Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими опанування компонент практика та виконання магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розподілено на **4 розділи**, а саме:

- 1. Вступ. Вплив відхилень частоти на роботу енергосистем**, в якому здійснюється уточнення понять і постановка задач протиаварійного управління; загальна характеристика системи протиаварійного управління; статичні характеристики за частотою: навантаження; установки власних потреб електростанцій; турбоагрегатів; керованість агрегатів електростанцій при відхиленнях частоти; мобілізацію резервів потужності; статичні характеристики енергосистеми по частоті, динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і відсутності резерву, що обертається; динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і наявності резерву, що обертається та дії АРЧО.
- 2. Режимні принципи протиаварійної автоматики, що запобігає порушенню стійкості**, до якого ввійшли питання про основні режимні вимоги до АЗПС; функції АЗПС; особливості аварійних режимів дальніх електропередач; типові (спрощені) структури енергооб'єднань; запобігання порушення статичної та динамічної стійкості при роботі надлишкової системи паралельно з системою значно більшої потужності; випадок різкого зниження частоти в приймальній енергосистемі; запобігання порушення статичної та динамічної стійкості при роботі дефіцитної системи паралельно з системою значно більшої потужності; запобігання порушення статичної та динамічної стійкості при паралельній роботі систем сумірних за потужністю; вплив змін частоти на перетік потужності по міжсистемному зв'язку; ефективність аварійного управління потужністю паралельно працюючих енергосистем; автоматика «балансуючої дії».
- 3. Асинхронні режими і їх ліквідація**, до якого ввійшли питання про основні поняття асинхронного режиму - ковзання, коливання частоти, потужності, струмів і напруг, електричний центр хитань; вплив асинхронних режимів і процесу ресинхронізації на елементи енергосистеми; умови ресинхронізації; параметри асинхронного режиму в найпростішій схемі; способи ліквідації асинхронних режимів; особливості ресинхронізації ТЕС і ГЕС; аварійне управління потужністю парових турбін; аварійна мобілізація резервів потужності; форсування збудження генераторів; спеціальна автоматика відключення навантаження;
- 4. Обмеження небезпечних підвищень та знижень напруги і частоти**, до якого ввійшли питання про автоматику обмеження небезпечних підвищень напруги; автоматика обмеження небезпечних підвищень частоти в мережі енергосистем; призначення системи АЧР; основні вимоги до АЧР; категорії системи АЧР; принципи дії основних категорій АЧР; обсяг розвантаження; частотне АПВ.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси:

1. Мельник В.П. Математичні моделі і методи аналізу режимів електроенергетичних систем. – К., 2005. – 608 с., іл.

2. Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. П. Болотний, Р. В. Вожаков, О. Л. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 7.24 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 203 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57394>
3. Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. П. Болотний, Р. В. Вожаков, О. Л. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.01 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 33 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57390>
4. Керівництво користувача PowerFactory 14.1.
5. Дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» <https://classroom.google.com/c/NjA0OTg2NzgyNjQz?cjc=zsh5s23>

#### Додаткові:

6. СОУ-Н МЕВ 40.1 – 00100227 -68: 2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2012. – 29 с.
7. Вимоги до вітрових та сонячних фотоелектричних електростанцій потужністю більше 150кВт щодо приєднання для зовнішніх електричних мереж. Режим доступу: <http://ua.energy>.
8. СОУ-Н ЕЕ 04.156:2009. Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. Настанова. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2009. – 50 с
9. СОУ НЕК 20.571:2018. Визначення необхідних умов і алгоритмів врахування ВЕС та СЕС при налаштуванні протиаварійних автоматичних пристроїв, призначених для запобігання порушенню стійкості (АЗПС) у перетинах ОЕС України, на режим роботи яких вони мають вплив. Методичні рекомендації. – К.: ДП «НЕК «Укренерго», 2018.–53с.
10. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання: аналіт. доп. / О. М. Суходоля. – Київ : НІСД, 2022. – 36 с.
11. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.

### 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)
1	Вступ. Значення дисципліни у підготовці фахівців галузі електроенергетики. Уточнення понять і постановка задач протиаварійного управління; загальна характеристика системи протиаварійного управління. літературні джерела [1] с. 5-7; дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 1
2	Вплив відхилень частоти на роботу енергосистем. літературні джерела [1]с. 8-10; дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 2
3	Статичні характеристики за частотою для різних типів навантаження.

	<p>Статичні характеристики за частотою уставок власних потреб електростанції. Література: [1] с. 53-60. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 3</p>
4	<p>Статичні характеристики за частотою турбоагрегатів. Література: [1] с. 15-17 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 4</p>
5	<p>Керованість агрегатів електростанцій при відхиленнях частоти. Література: [1] с. 11-20. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 5</p>
6	<p>Мобілізація резервів потужності. Література: [1] с. 25-31 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 6</p>
7	<p>Статичні характеристики енергосистеми за частотою, динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і відсутності резерву, що обертається. Література: [1] с. 32-42. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 7</p>
8	<p>Динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і за наявності резерву, що обертається та дії АРЧО літературні джерела [1], с. 43-45; МКР дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 8</p>
9	<p>Режимні принципи противарійної автоматики, що запобігає порушенню стійкості. Основні режимні вимоги до АЗПС. Функції АЗПС. Література: [1] с. 50-57 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 9</p>
10	<p>Типові (спрощена) структури енергооб'єднань. Література: [1] с. 58-60 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 10</p>
11	<p>Запобігання порушення статичної стійкості міжсистемних зв'язків в загальному випадку, при будь-якому співвідношенні потужностей з'єднуються частин енергосистеми. Література: [1] с. 61-72. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 11</p>
12	<p>Противарійне управління потужністю енергосистем. Література: [1] с. 74-77. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 12</p>
13	<p>Асинхронні режими і їх ліквідація. Література: [1] с. 80-89 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 13</p>
14	<p>Основні поняття асинхронного режиму: ковзання , коливання частоти , потужності, струмів і напруг, електричний центр хитань. Література: [1] с. 90-97 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 14</p>
15	<p>Збурення, що призводять до асинхронного режиму, аналіз результатів розрахунку з</p>



	<p>метою визначення вихідних даних для вибору та налаштування параметрів пристроїв АЛАР. Характер зміни електричних величин за двочастотного асинхронного режиму. Електричний центр асинхронного режиму Література: [1] с. 90-97</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 15</p>
16	<p>Вимоги до пристроїв АЛАР, залежно від тяжкості впливу на режим роботи елементів енергосистеми. Швидкодійні пристрої АЛАР, пристрої, що діють на першому циклі асинхронного режиму, пристрої АЛАР, що діють після кількох циклів асинхронного режиму Література: [1] с. 100-108</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 16</p>
17	<p>Вплив асинхронних режимів і процесу ресинхронізації на елементи енергосистеми. Умови ресинхронізації. Параметри асинхронного режиму в найпростішій схемі. Способи ліквідації асинхронних режимів. Особливості ресинхронізації ТЕС і ГЕС. Література: [1] с. 100-108</p> <p>дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 17</p>
18	<p>Обмеження небезпечних підвищень напруги і частоти. Автоматика обмеження небезпечних підвищень напруги. Автоматика обмеження небезпечних підвищень частоти в мережі енергосистем. Література: [1] с. 110-112</p> <p>дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 18</p>
19	<p>Автоматики обмеження зміни основних режимних параметрів; обмеження зниження напруги (АОЗН), обмеження підвищення частоти (АОЗЧ), Література: [1] с. 74-77.</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 19</p>
20	<p>Обмеження підвищення напруги (АОПН), автоматичне розвантаження обладнання (АРО). Література: [1] с. 80-89</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 20</p>
21	<p>Запобігання небезпечних знижень частоти. Призначення системи АЧР. Основні вимоги до АЧР. Категорії системи АЧР. Література: [1] с. 127-130.</p> <p>дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 21</p>
22	<p>Процеси зміни частоти при дефіциті активної потужності та вичерпанні резерву, що швидко реалізується. Автоматика обмеження зниження частоти (АОЗЧ). Основні впливу на комплексі АОЗЧ. АЧР, як найважливіша складова АОЗЧ. Моделювання та аналіз АЧР. Література: [1] с. 112-118</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 22</p>
23	<p>Основні вимоги до АЧР. Призначення та вибір параметрів АЧР-I та АЧР-II. Поєднання черг АЧР-I та АЧР-II. Використання фактора швидкості зниження частоти. Література: [1] с. 130-137.</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 23</p>
24	<p>Принципи дії основних категорій АЧР. Обсяг розвантаження. Частотне АПВ. Література: [1] с. 140-146</p> <p>дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 24</p>
25	<p>Запобігання порушенню стійкості в енергосистемі з дефіцитом потужності. Література: [1] с. 61-72.</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 25</p>
26	<p>Частотна ділильна автоматика (ЧДА). Література: [1] с. 140-146</p> <p>дистанційний курс «Противарійне керування режимами енергосистем» лекція 26</p>

*Практичні заняття*

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми заняття та перелік основних питань (комп'ютерний практикум)</i>
1	<i>Формування цифрової моделі для розрахунку режимів ЕЕС дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
2	<i>Дослідження статичної стійкості електростанції енергосистеми дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
3	<i>Дослідження динамічної стійкості електростанції енергосистеми дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
4	<i>Визначення запасу стійкості вузла навантаження по напрузі дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
5	<i>Моделювання самозапуску двигунів власних потреб електростанції дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
6	<i>Дослідження впливу системи автоматичного регулювання збудження на стійкість електростанції дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
7	<i>Дослідження роботи системи автоматичного частотного розвантаження в енергосистемі дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
8	<i>Моделювання пристроїв протиаварійної автоматики дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>
9	<i>Дослідження впливу джерел розосередженої генерації стійкість ЕЕС дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»</i>

**6. Самостійна робота студента**

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	18
2	<i>Виконання розрахунково-графічної роботи</i>	10
3	<i>Підготовка до МКР</i>	2
4	<i>Підготовка до заліку</i>	30

**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 бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання практичних занять з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, 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 практичних занять: допускається як індивідуальний захист, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому практичному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.*

- *правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної 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 балів: заохочувальні 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 з дисципліни, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях.*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту практичних робіт та 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;*
- *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:** експрес-опитування, МКР, РГР, розв'язки задач

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

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, МКР, зарахування усіх практичних робіт, 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
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист дев'яти комп'ютерних практикумів;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Практичні заняття	РГР	МКР	Rc	Rз	R
36	27	17	20	100	100	100

### **Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях**

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

2 бала \* 18 = 36 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 2;

### **Виконання та захист робіт на практичних заняттях**

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів за всі роботи дорівнює  $3 \times 9 = 27$  балів.

#### **Критерії оцінювання**

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 3 бали;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2 бала;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу роботи – 1 бал;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

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

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

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 17.

#### **Критерії оцінювання**

- повне, точне і вчасне виконання – 17 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7...16 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання.

### **Модульна контрольна робота**

Модульна контрольна робота складається з двох теоретичних питань  
Максимальний бал за МКР – 20.

#### **Критерії оцінювання**

- повне виконання – 20;
- недосконале виконання – 10;
- відсутність роботи – 0.

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

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менш ніж 15 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 50 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менш ніж 30 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 50 балів).

У випадку неможливості отримання позитивної оцінки відповідно до семестрового рейтингу або непогодженням студента з нею, його рейтингова оцінка анулюється і здається залікова робота, яка складається з двох теоретичних запитань.

### **Форма семестрового контролю – залік**



### *Критерії оцінювання*

*Максимальний рейтинг заліку  $R_z = 100$  балів.*

*Рейтинг заліку  $R_z = 95 - 100$  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 заліку  $R_z = 85 - 94$  бали – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть процесів в об'єктах енергетики, які вивчав.*

*Рейтинг заліку  $R_z = 74 - 84$  бали – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть перехідних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.*

*Рейтинг заліку  $R_z = 61 - 73$  бали – студент частково відповідає на поставлені питання, показує знання, але припускається суттєвих помилок.*

*Рейтинг заліку  $R_z \leq 60$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті перехідних процесів, 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)**

*Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль в додатку 1*

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

*Складено ст.викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М. П.*

*Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА(протокол № 9 від 18.05.2023 р.)*

*Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)*

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

Відключення генераторів як засіб збереження стійкості  
Надійність та живучість ЕЕС  
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні відключення генераторів  
Електричне гальмування як засіб збереження стійкості  
Автоматика ліквідації асинхронного режиму як засіб збереження стійкості  
Перенапруги на роторі в асинхронному режимі  
Автоматика обмеження зниження напруги як засіб збереження стійкості  
Лавина частоти та її причини  
Асинхронний режим в енергосистемах  
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні відключення генераторів  
Автоматика обмеження підвищення напруги як засіб збереження стійкості  
Лавина напруги та її причини  
Відключення навантаження як засіб збереження стійкості  
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні відключення генераторів  
Автоматика обмеження зниження частоти як засіб збереження стійкості  
Вибір параметрів АЧР  
Зміна електричних величин при асинхронному режимі  
Статичні характеристики системи при зміні частоти в усталеному режимі  
Автоматика обмеження підвищення частоти як засіб збереження стійкості  
Призначення пристрою АЧР та вимоги, що висуваються до пристроїв АЧР  
Самосинхронізація  
Динамічні характеристики системи при зміні частоти  
Причини, що визначають небезпеку асинхронного режиму для енергосистеми  
Основні цілі протиаварійної автоматики  
Автоматичне повторне включення із синхронізмом  
Перехідні процеси в ЕЕС та їх групи  
Автоматичне повторне включення без синхронізму  
Ресинхронізація  
Відключення ЛЕП без АПВ  
Заходи режимного характеру для збереження стійкості  
Автоматика попередження порушення стійкості як засіб збереження стійкості  
Класифікація режимів роботи ЕЕС  
Критерій ресинхронізації  
Характеристика аварійного режиму ЕЕС  
Автоматика обмеження пошкодження обладнання як засіб збереження стійкості  
Стадії тривалого перехідного процесу  
Принципи автоматичного регулювання та обмеження індивідуальних перетоків потужності  
Призначення автоматичного регулювання збудження синхронних генераторів  
Проста об'єднана система  
Статична стійкість слабких зв'язків  
Принципи, що викликають необхідність регулювання та обмеження індивідуальних перетоків потужності по окремим ЛЕП  
Динамічна стійкість слабких зв'язків  
Принципи економічного розподілу активного навантаження між електростанціями  
Характеристика тривалих перехідних процесів в ЕЕС  
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні

*відключення генераторів*  
*Асинхронний режим при включенні АРВ*  
*Перехідні процеси по частоті та потужності в нерегульованій системі*  
*Ресинхронізація частини системи, об'єднаних слабким зв'язком*  
*Автоматичний розподіл реактивного навантаження між паралельно працюючими генераторами*  
*Характеристики режиму простої системи при несинхронній швидкості синхронної машини*  
*Технічні засоби для встановлення коефіцієнта статизма*  
*Противарійна автоматика та її функції*  
*Особливості розподілу реактивної потужності між генераторами, включеними по блочній схемі, порівняно з безпосереднім паралельним з'єднанням генераторів*  
*Ресинхронізація синхронних генераторів, працюючих в асинхронному режимі при швидкості більше синхронної*  
*Характеристика процесу виникнення раптового небалансу потужності*  
*Динаміка системи при раптовому небалансі потужності*  
*Види противарійного регулювання та їх взаємодія*  
*Імпульсне розвантаження турбін та тривале розвантаження турбін*  
*Процеси в енергосистемі при виникненні дефіциту потужності в умовах вичерпання ресурсу діапазону регулювання потужності турбін*  
*Принцип регулювання частоти та примусової дії на розподіл активної потужності між генераторами*