



Управління режимами електростанцій

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електричні станції (Power Plants)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/ECTS 120 годин (лекцій – 36, практичних занять – 18, самостійна робота - 66)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1 рази на тиждень; практичні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Вожаков Роман Вікторович, vozhakov-fea@iit.kpi.ua</i> Практичні: <i>Вожаков Роман Вікторович, vozhakov-fea@iit.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NDU0OTY0OTc5NzA4?cjc=n4x65kr

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Управління режимами електростанцій», складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів: «Електричні станції», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

K08. Здатність працювати автономно.

K14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики..

K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

K27. Здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування при дослідженні задач автоматичного управління електроенергетичними об'єктами.

Програмні результати навчання:

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР20. Знати і розуміти особливості режимів роботи електрообладнання електричних станцій в нормальних та аварійних умовах.

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, а саме: Теплові та атомні електричні станції, Фотоелектричні станції, Гідравлічні електричні станції, Вітряні електричні станції, Електрична частина станцій та підстанцій. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому допоможуть при вивченні дисциплін: Релейний захист та автоматизація енергосистем Переддипломна практика та Дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **Зрозділи**, а саме:

1. **Електроенергетичні системи та управління ними**, до якого ввійшли питання про технологічний процес виробництва, транспортування та розподілу електроенергії, управління в електроенергетичних системах та оперативно-диспетчерське управління цим обладнанням.

2. **Управління режимами роботи електричних станцій по частоті і активній потужності**, до якого ввійшли питання з забезпечення первинного та вторинного регулювання частоти та потужності.

3. **Управління режимами роботи електричних станцій по напрузі і реактивній потужності**, до якого ввійшли питання з регулювання напруги та забезпечення необхідного рівня реактивної потужності на шинах ВРУ електричних станцій.

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.– К.: НТУУ "КПІ", 2010.–90с.

2. Регулювання частоти та потужності електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : монографія / О. С. Яндульський, А. Б. Нестерко, О. В. Тимохін, Г. О. Труніна. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 200 с.

3. Регулювання напруги в розподільних електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : монографія / О. С. Яндульський, Г. О. Труніна, А. Б. Нестерко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,05 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 191 с.

4. Управління режимами електростанцій. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електричні станції» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. Г. Філатов, Р. В. Вожаков. – Електронні текстові дані (1 файл: 579 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 40 с.

Додаткові:

1. СОУ-Н ЯЕК 04.156:2009 Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. Настанова

2. СОУ-Н МПЕ 007:2008 Правила взаємовідносин між Державним підприємством Національна енергетична компанія Укренерго та суб`єктами (об`єктами) електроенергетики в умовах паралельної роботи в складі Об`єднаної енергетичної системи України

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	<p>Загальна характеристика проблеми управління електричними станціями. Загальна характеристика процесу виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії. Електроенергетичні системи (ЕЕС). Управління в електроенергетичних системах. Диспетчерське управління. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 1 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
2	<p>Структура оперативного технологічного управління в ЕЕС. Організаційна структура енергетичної галузі. Склад і структура об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 2 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
3	<p>Режимне управління в ЕЕС. Забезпечення балансу виробництва та споживання електроенергії. Структура та задачі диспетчерського управління. Графіки навантаження енергосистем. Структура генеруючих потужностей в об'єднаній енергосистемі, їх характеристики та тенденції зміни. Участь електростанцій різного типу в режимному управлінні. Діапазон та коефіцієнт регулювання потужності Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 3 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
4	<p>Задачі режимного управління електростанцією. Контроль та діагностика стану устаткування. Регулювання режимних параметрів. Ведення режимів електростанцій. Системи автоматичного та автоматизованого управління Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 4 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
5	<p>Первинне регулювання частоти та потужності. Статична частотна характеристика нерегульованого та регульованого агрегату. Регулюючий ефект навантаження. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 5 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
6	<p>Автоматичні регулятори частоти обертання (АРЧО) турбін. Призначення, функції, та структура АРЧО. Найпростіший гідромеханічний АРЧО. Гідродинамічний та електрогідравлічний АРЧО. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 6 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
7	<p>Автоматичні регулятори частоти обертання (АРЧО) турбін. Гідродинамічний та електрогідравлічний АРЧО. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 7 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
8	<p>Первинне регулювання паралельно працюючих агрегатів. Еквівалентна статична частотна характеристика. Еквівалентний статизм. Розподіл навантаження між паралельно працюючими агрегатами з АРЧО. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 8 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>
9	<p>Вторинне регулювання частоти та потужності. Поняття і необхідність вторинного регулювання. Автоматичні регулятори потужності. Методи вторинного регулювання. Передача потужності по між системним лініям. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 9 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr</p>

10	Економічне регулювання генеруючих потужностей. Постановка задачі економічного розподілу навантаження на ТЕС. Витратні характеристики енергоблоків ТЕС. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 10 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
11	Особливості регулювання частоти та потужності електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 11 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
12	Регулювання напруги на електростанції. Методи та способи регулювання напруги. Регулювання напруги силовими трансформаторами. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 12 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
13	Синхронний генератор (СГ) як об'єкт управління по напрузі і реактивній потужності. Загальні відомості про синхронний генератор як об'єкт управління по напрузі і реактивній потужності. Зовнішня та регульовальна характеристики синхронного генератора. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 13 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
14	Системи збудження СГ. Загальні відомості про системи збудження синхронних генераторів. Основні вимоги до систем збудження. Класифікація систем збудження. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 14 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
15	Автоматичне регулювання збудження СГ. Загальні відомості та основні вимоги. Принципи дії. Улаштування та конструкція сучасних регуляторів. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 15 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
16	Автоматичне регулювання напруги і реактивної потужності в енергосистемі. Загальні відомості. Регулюючий ефект реактивної потужності навантаження. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 16 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
17	Управління напругою і реактивною потужністю на електростанціях. Управління реактивною потужністю синхронного генератора зміною уставки АРЗ. Управління напругою і реактивною потужністю електричної станції за допомогою АРЗ СГ. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 17 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr
18	Особливості регулювання напруги на електричних станціях з відновлюваними джерелами енергії. Дистанційний курс «Управління режимами електростанцій» лекція 18 https://classroom.google.com/c/NDU00TY00Tc5NzA4?cjc=n4x65kr

Практичні заняття

№	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Аналіз задачі забезпечення балансу виробництва та споживання електроенергії
2	Розрахунки змін частоти та потужності агрегату електростанції по його статичній частотній характеристиці при змінах навантаження.
3	Розрахунки змін частоти та потужності агрегату електростанції при змінах уставки механізму управління турбіною (МУТ)
4	Модульна контрольна робота
5	Розрахунки змін частоти та потужності агрегатів електростанцій з урахуванням регулюючого ефекту навантаження.
6	Розрахунки зміни потужностей паралельно працюючих агрегатів електростанції при зміні навантаження в енергосистемі

7	Розрахунки зміни потужностей паралельно працюючих агрегатів електростанції при зміні уставок МУТ.
8	Модульна контрольна робота
9	Економічний розподіл навантаження поміж енергоблоками ТЕС

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Опрацювання лекційного матеріалу	14
2	Розв'язок задач (Закріплення матеріалу практичних занять)	9
3	Виконання розрахунково-графічної роботи	11
4	Підготовка до МКР	2
5	Підготовка до екзамену	30
Всього		66

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 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 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 з дисципліни «Управління режимами електростанцій», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР.
- 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;
- 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, розв'язання задач

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, мінімальна позитивна оцінка з обох МКР, семестровий рейтинг не менше **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:

- три відповіді (кожного студента в середньому) на практичних заняттях;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).
- відповідь на екзамені

Розв'язування задач	МКР	РГР	Рс	Рекз	Р
15	10	25	50	50	100

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 5 балів * 3 = 15 балів.

Критерії оцінювання

- вірне розв'язання задачі – 1 бал;
- невірне розв'язання задачі – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин: теоретичне питання і задача. Максимальний бал за МКР – 2 * 5 = 10 балів

Критерії оцінювання

- повне виконання теоретичного питання МКР – 2 бали;
- не повне висвітлення теоретичного питання МКР – 1 бал;
- відсутність або невірне висвітлення теоретичного питання МКР – 0 балів;
- повне і вірне виконання задачі з обґрунтуванням прийнятих рішень – 3 бали;
- неповне виконання задачі або недостатність обґрунтування прийнятих рішень – 2 бали;
- відсутність або невірне виконання задачі – 0 балів.

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 25.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 25 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 20...24 бали;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 15...19 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;

на виконання РГР відводиться 3 тижні з моменту видачі завдання.

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

Здобувача допущено до екзамену, якщо ним отримана мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, зараховано усі лабораторні роботи і семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та задачі

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену Рекз = 50 балів.

- здобувач дає вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 46...50 балів;
- відповідаючи на питання, здобувач припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть і принципи підходу до управління режимами роботи електричних станцій – 36-45 балів
- здобувач частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть і принципи підходу до управління режимами роботи електричних станцій. Відповіді непослідовні і нечіткі – 30..35 балів
- у відповіді здобувач припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння суті і принципів підходу до управління режимами роботи електричних станцій. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання – 0 балів

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Управління та централізований контроль за роботою ОЕС
2. Графіки навантаження енергосистем.
3. Структура генеруючих потужностей в енергооб'єднанні. Участь електростанцій різного типу в режимному управлінні.
4. Типи задач управління та засоби їх реалізації
5. Первинне регулювання частоти та потужності.
6. Регулюючий ефект навантаження. Статична частотна характеристика енергосистеми з урахуванням регулюючого ефекту навантаження.
7. Автоматичні регулятори частоти обертання (АРЧО) турбін.
8. Первинне регулювання паралельно працюючих агрегатів.
9. Вторинне регулювання частоти та потужності.
10. Регулювання напруги на електростанції.
11. Автоматичні регулятори збудження синхронних генераторів. Схеми та закони регулювання.
12. Регулювання реактивної потужності на електростанціях.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено асистентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, Вожаков Р.В.

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

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