



ВІТРЯНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ

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</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/ 120 годин (лекцій – 36, лабораторних занять – 18, самостійна робота - 66)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/тестування з л.р.</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; лабораторні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н, професор, Головка Володимир Михайлович, 0979524163 Лабораторні: асист. Коваленко Ірина Яківна, 0979399673</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Вітряні електричні станції» 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:

K07. Здатність працювати в команді.

K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

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

K26. Здатність використовувати знання з організації виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел в професійній діяльності

Програмні результати навчання:

ПРО1. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

ПР26. Вміти вибирати та порівнювати енергообладнання традиційної та відновлюваної енергетики.

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: Вступ до спеціальності. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для вивчення дисциплін: Дипломне проектування, Переддипломна практика.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **11 тем**, а саме:

Тема 1 Загальна характеристика вітроенергетики. Особливості розвитку світової вітроенергетики. Вітроенергетика України. Нові можливості вітроенергетики.

Тема 2 Загальна побудова систем вітроенергетичних установок. Вихідні положення до розрахунку вітроенергетичних установок

Тема 3 Загальні відомості з аеродинаміки. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Течія, циркуляція та потенціал швидкості. Теорема Гельмгольца. Критерії подібності. Вісі координат і аеродинамічні коефіцієнти. Центр тиску. Індуктивний опір лопаті. Теорема М.Є.Жуковського про підйомну силу лопаті.

Тема 4 Системи вітроустановок. Робота поверхні при дії на неї сили вітру. Робота ротора крильчастого вітропродвигуна. Підйомна сила циліндра, що обертається ефект Магнуса).

Тема 5 Класифікація вітроустановок та їх порівняння. Вітропродвигуни, що використовують силові властивості потоку. Вітропродвигуни, що використовують швидкісні властивості потоку. Вітропродвигуни, що використовують комбіновано властивості вітрового потоку. Вертикально-осьові вітроустановки.

Тема 6 Теорія ідеального ротора вітропродвигунів. Теорія ідеального вітропродвигуна за М.Є.Жуковським. Теорія ідеального вітропродвигуна за Г.Х.Сабініним.

Тема 7 Теорія реального ротора вітроустановок. Процеси, що проходять в реальному роторі. Рівняння зв'язку. Момент і потужність ротора вітроустановки. Момент ротора. Кінцьові втрати. Профільні втрати. Втрати на крутіння струменя за ротором. Втрати від неповного використання площі обмаху.

Тема 8 Встановлення вітроустановок на вітер. Встановлення за допомогою хвоста та віндроз. Сили, що діють на поверхню хвоста. Аеродинамічні сили на роторі. Встановлення розташуванням ротора за опорою.

Тема 9 Вибір ділянок під будівництво вітроенергетичних установок та станцій.

Режими вітрового потоку. Вітровий кадастр. Нормативна документація для вибору площадок.

Тема 10 Вітроелектричні установки. Вітроелектричні установки постійного струму. Процес самозбудження. Робота генератора на зарядку акумуляторної батареї. Робота генератора в буферному режимі з акумуляторною батареєю. Наближений розрахунок ємкості акумулятора. Вітроелектричні установки змінного струму. Установки з синхронними генераторами. Установки з асинхронними генераторами. Вимоги електрообладнання вітроелектростанцій.

Тема 11 Системи автоматичного управління вітроенергетичних систем, що працюють на мережу. Загальна структура вітроелектростанції. Система керування ВЕС. Компенсація реактивної потужності.

Тема 12 Експлуатація вітроелектричних станцій.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Вітроенергетика [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / Головка В. М. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30536>
2. Основи вітроенергетики / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков - Підручник. – Дніпро: М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
3. Сиротюк С.В., Боярчук В.М., Гальчук В.П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру – Львів: «Магнолія-2006», 2018. – 182с.
4. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с
5. Вітряні електричні станції: конспект лекцій для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електричні станції» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Головка В. М. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 95 с.

Додаткові:

1. ДСТУ 2275-93 Енергоощадність. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Терміни та визначення. –К.: Держстандарт України, 1994.-52с
2. ДСТУ 3896:2007 Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення. –К.: Держспоживчстандарт України, 2008.-24с.

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	Тема 1 Загальна характеристика вітроенергетики. Лекція 1. Особливості розвитку світової вітроенергетики. Вітроенергетика України. Нові можливості вітроенергетики. літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
2	Тема 2 Загальна побудова систем вітроенергетичних установок. Лекція 2. Вихідні положення до розрахунку вітроенергетичних установок. літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
3	Тема 3 Загальні відомості з аеродинаміки. Лекція 3. Основні положення та закони аеродинаміки. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Течія, циркуляція та потенціал швидкості. Теорема Гельмгольца. Критерії подібності. Вісі координат і аеродинамічні коефіцієнти. літературні джерела [1] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
4	Лекція 4. Центр тиску. Індуктивний опір лопаті. Теорема Н.Є.Жуковського про підйомну силу лопаті літературні джерела [1] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy

5	<p>Тема 4 Системи вітроустановок. Лекція 5. Робота поверхні при дії на неї сили вітру. Робота ротора крильчастого вітродвигуна. Підйомна сила циліндра, що обертається ефект Магнуса).</p> <p>літературні джерела [1] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
6	<p>Тема 5 Класифікація вітроустановок та їх порівняння. Лекція 6. Вітродвигуни, що використовують силові властивості потоку. Вітродвигуни, що використовують швидкісні властивості потоку. Вітродвигуни, що використовують комбіновано властивості вітрового потоку. Вертикально-осьові вітроустановки.</p> <p>літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
7	<p>Тема 6 Теорія ідеального ротора вітродвигунів. Лекція 7. Теорія ідеального вітродвигуна за Н.Є. Жуковським.</p> <p>літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
8	<p>Лекція 8. Теорія ідеального вітродвигуна за Г.Х.Сабініним.</p> <p>літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
9	<p>Тема 7. Теорія реального ротора вітроустановок. Лекція 9. Процеси, що проходять в реальному роторі. Рівняння зв'язку. Момент і потужність ротора вітроустановки. Момент ротора.</p> <p>літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
10	<p>Лекція 10. Кінцеві втрати. Профільні втрати. Втрати на крутіння струменя за ротором. Втрати від неповного використання площі обмаху.</p> <p>літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
11	<p>Тема 8 Встановлення вітроустановок на вітер. Лекція 11. Встановлення за допомогою хвоста та віндроз. Сили, що діють на поверхню хвоста. Аеродинамічні сили на роторі. Встановлення розташуванням ротора за опорою.</p> <p>літературні джерела [1] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
12	<p>Тема 9 Вибір ділянок під будівництво вітроенергетичних установок та станцій. Лекція 12. Режими вітрового потоку. Вітровий кадастр. Нормативна документація для вибору площадок.</p> <p>літературні джерела [1,5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdffy</p>
13	<p>Тема 10 Вітроелектричні установки. Лекція 13. Вітроелектричні установки постійного струму. Процес самозбудження. Робота генератора на зарядку акумуляторної батареї. Робота генератора в буферному режимі з акумуляторною батареєю. Наближений розрахунок ємкості акумулятора.</p>

	літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
14	Лекція 14. Вітроелектричні установки змінного струму. Установки з синхронними генераторами. літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
15	Лекція 15. Установки з асинхронними генераторами. Вимоги електрообладнання вітроелектростанцій. літературні джерела [1-5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
16	Лекція 16. Загальна структура вітроелектростанції. Система керування ВЕС. літературні джерела [5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
17	Лекція 17. Компенсація реактивної потужності. літературні джерела [5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy
18	Тема 12 Експлуатація вітроелектричних станцій. Лекція 18. Організаційні заходи з експлуатації вітроелектричних станцій. літературні джерела [5] дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy

Лабораторні заняття

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи	Кількість годин
1	Лабораторна робота №1. Оцінка вітрового енергетичного потенціалу місцевості. Мета роботи: провести оцінку енергетичного потенціалу вітрового потоку за даними метеорологічних спостережень. Література: дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy	2
2	Лабораторна робота №2. Визначення місця розташування площадки для встановлення вітроелектроагрегату. Мета роботи: вивчити особливості конструкції та роботу автоматичного реєстратора LOGGTR NRG метеопоста. Література: дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy	2
3	Лабораторна робота №3. Зняття характеристик потужності та моменту моделі вітроелектричної установки. Мета роботи: зняття характеристик потужності та моменту моделі вітроелектричної установки. Література: дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy	4

4	Лабораторна робота № 4. Випробування генератора постійного струму незалежного збудження вітроелектроустановки. Мета роботи: зняття дослідним шляхом характеристик генератора, що визначають його властивості, як джерела постійного струму. Література: дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy	4
5	Лабораторна робота № 5. Випробування трифазного асинхронного генератора вітроелектроустановки. Мета роботи: зняття дослідним шляхом характеристик асинхронного генератора, що визначають його властивості, як джерела змінного струму. Література: дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy	4
6	Лабораторна робота № 6. Випробування однофазного синхронного генератора з постійним збудженням вітроелектроустановки. Мета роботи: зняття характеристик синхронного генератора, що визначають його властивості, як джерела змінного струму. Література: дистанційний курс "Вітряні електричні станції " https://classroom.google.com/c/NTI1MDY2NTYwMTI1?cjc=4ybdfiy	2
Всього		18

6. Самостійна робота студента

№з /п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Опрацювання лекційного матеріалу	30
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, підготовка протоколів лабораторних робіт, опрацювання питань, що виносяться на захист лабораторних робіт	26
3	Підготовка до МКР	4
4	Підготовка до заліку	6
Всього		66

Модульна контрольна робота

Згідно РСО за період навчання заплановані 1 модульна контрольна робота відповідно до розділів: теорія ідеального ротора вітрогенераторів, теорія реального ротора вітроустановок.

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. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;

- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних 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 лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.*
- *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 наукових конференціях*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних 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 "Вітряні електричні станції";*
- *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, виконання МКР, виконання та захист лабораторних робіт.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за семестрового рейтингу 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 двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Лаб. роботи	МКР	Rc	Rзал
54	24	22	100	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 3

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 3 бали * 18 = 54 бали.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за захищені ЛР – бали 4* 6= 24бали.

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 4 бали;
- повне виконання експериментальної частини роботи, неточна обробка експериментальних даних, не зовсім 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 лабораторної роботи – 1 бал;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Модульна контрольна робота

Ваговий бал кожної частини МКР – 22.

Максимальний бал за МКР – 1 *22=22.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на питання – 22--16 бали;
- часткові відповіді на питання, наявність незначних помилок – 15-9 балів;
- відсутність відповіді – 9-0 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 – залік

Максимальна сума балів за роботу у семестрі складає 100 балів. Необхідною умовою допуску до заліку виконані завдання до лабораторних занять, семестровий рейтинг не менше 24 балів. На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Залікові питання завдання визначаються викладачем і відповідають переліку питань.

За умови виконання вимог допуску до семестрового контролю та отримання не менше 60 балів стартового рейтингу студент має право переведення балів стартового рейтингу у підсумкову оцінку за дисципліну.

За умови виконання вимог допуску до семестрового контролю та отримання студентом від 40 до 59 балів (включно), або якщо студент отримав 60 чи більше балів та хоче підвищення оцінки за дисципліну, він зобов'язаний писати залікову контрольну роботу, при цьому стартовий рейтинг студента скасовується, а оцінка за залікову контрольну роботу є підсумковою за дисципліну.

Залікове завдання містить 2 залікових питання. Кожне залікове питання оцінюється максимально у 50 балів.

Критерії оцінювання першого і другого залікового питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) –48-50балів;
- «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 39-45 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 35-41 балів;

- «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 31- 38 балів;
- «достатньо», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 29 -32 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Остаточний рейтинг студента складає суму балів, отриманих за виконання всіх завдань, передбачених РСО, або за виконання залікового завдання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Природа виникнення вітрового потоку. Поле швидкості . Лінія току.
2. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі.
3. Тиск в критичній точці тіла при набіганні струменя.
4. Течія, циркуляція та потенціал швидкості.
5. Теорема вихорів. Теорема Гельмгольца.
6. Поняття про критерії подібності в аеродинаміці. Вісі координат і аеродинамічні коефіцієнти.
7. Визначення аеродинамічних коефіцієнтів. Поляра Лілієнталя.
8. Центр тиску. Індуктивний опір лопаті.
9. Теорема М.Є.Жуковського про підйомну силу лопаті.
10. Робота поверхні при дії на неї сили вітру.
11. Робота ротора крильчастого вітродвигуна.
12. Підйомна сила циліндра, що обертається.
13. Класифікація вітродвигунів та їх порівняння.
14. Теорія ідеального ротора вітродвигуна за М.Є.Жуковським.
15. Теорія ідеального ротора вітродвигуна за Г.Х.Сабініним.
16. Теорія реального ротора вітродвигуна (за Г.Х.Сабініним).
17. Момент і потужність ротора вітроенергетичної установки.
18. Види втрат в роторі вітроенергетичної установки.
19. Встановлення вітроенергетичної установки на вітер за допомогою хвоста.
20. Встановлення вітроенергетичної установки на вітер за допомогою віндроз.
21. Встановлення вітроенергетичної установки на вітер розташуванням ротора за опорою.
22. Регулювання швидкості обертання ротора вітроенергетичної установки.
23. Вибір ділянок для будівництва вітроенергетичних установок та вітроелектричних станцій.
24. Типи вітроелектричних установок.
25. Вітроелектричні установки постійного струму. Робота вітроелектричних установок постійного струму на зарядження акумуляторних батарей.
26. Робота вітроелектричних установок постійного струму в буферному режимі з акумуляторними батареями. Наближений розрахунок ємності акумуляторних батарей вітроелектричних установок.
27. Вітроелектричні установки змінного струму.
28. Система керування ВЕС.
29. Компенсація реактивної потужності.
30. Експлуатація вітроелектричних станцій.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.т.н. Головом В.М.

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

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол №10 від 22.06.2023 р)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.