



# ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	IV курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	150 годин/5 кредитів ECTS (54 год.- лекції, 18 год. – лабораторні роботи, 78год. – самостійна робота)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен/МКР
Розклад занять	Лекційні заняття – 1,5 рази на тиждень; лабораторні заняття – 1 раз на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, професор, Головка Володимир Михайлович, 0979524163 Лабораторні: асист. Коваленко Ірина Яківна, 0979399673
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Вітроенергетика» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра за освітньою програмою «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів здатностей: (K02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (K05) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K06) Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K07) Здатність працювати в команді; (K08) Здатність працювати автономно; (K12) Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки; (K16) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії; (K17) Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і

технічного завдання; (K18) Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища; (K19) Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; (K20) Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (K22) Здатність застосовувати методи діагностики стану обладнання та устаткування відновлюваної енергетики, проводити сертифікацію та експертизу об'єктів відновлюваної енергетики; (K23) Здатність перевіряти технічний стан, організовувати обслуговування та ремонт електроенергетичних та електротехнічних систем, пристроїв, комплексів та устаткування традиційної та відновлюваної енергетики; (K24) Здатність використовувати нові технології в електроенергетиці, брати участь в модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричних пристроїв, систем та комплексів традиційної та відновлюваної енергетики; (K25) Здатність застосовувати методи стандартизованих випробувань щодо визначення електротехнічних характеристик і конструктивних особливостей використовуваного електроенергетичного та електротехнічного обладнання і систем на його основі; (K26) Здатність забезпечувати моделювання електротехнічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартизованих пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів; K27. Здатність проводити метрологічні заходи, обирати та застосовувати метрологічне обладнання при експлуатації та дослідженнях електроенергетичних та електротехнічних пристроїв та систем відновлюваної енергетики.

**Програмні результати навчання:** (ПР04) Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок; (ПР09) Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (ПР10) Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПР13) Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни; (ПР20) Знати існуючі підходи до проектування, виготовлення, випробувань та експлуатації обладнання та устаткування нетрадиційної та відновлюваної енергетики; (ПР21) Знати методи і порядок проектування об'єктів нетрадиційної та відновлюваної енергетики; (ПР22) Знати електрофізичні та теплотехнічні процеси і явища, що відбуваються в обладнанні та устаткуванні нетрадиційної та відновлюваної енергетики; (ПР23) Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій; (ПР24) Знати методи вимірювання електротехнічних характеристик обладнання та устаткування нетрадиційної та відновлюваної енергетики; (ПР25) Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, обладнання електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг; (ПР26) Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики.

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

Дисципліна "Вітроенергетика" відноситься до циклу професійної та практичної підготовки бакалавра і базується на знаннях, отриманих студентами з попередніх курсів фізики, вищої математики, основ конструювання установок відновлюваних джерел енергії, електротехнічних матеріалів, теоретичних основ електротехніки, основ метрології, електричних машин, електроприводу, основ перетворювальної техніки. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для вивчення дисципліни: "Комплексне використання відновлюваних джерел енергії", для виконання дипломної роботи (проєкту).

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Предмет і задачі дисципліни**

**Тема 1.1. Загальна характеристика вітроенергетики.** Історія розвитку вітроенергетики. Особливості розвитку світової вітроенергетики. Вітроенергетика України. Нові можливості вітроенергетики.

**Тема 1.2 Загальні відомості з аеродинаміки.** Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Течія, циркуляція та потенціал швидкості. Теорема Гельмгольца. Критерії подібності.

**Тема 1.3 Визначення аеродинамічних коефіцієнтів. Поляра Лілієнталя.** Вісі координат і аеродинамічні коефіцієнти. Центр тиску. Індуктивний опір лопаті. Теорема М.Є.Жуковського про підйомну силу лопаті.

#### **Розділ 2. Системи вітроустановок**

**Тема 2.1 Робота поверхні при дії на неї сили вітру.** Робота ротора крильчастого вітродвигуна. Підйомна сила циліндра, що обертається ефект Магнуса).

**Тема 2.2 Класифікація вітродвигунів та їх порівняння.** Вітродвигуни, що використовують силові властивості потоку. Вітродвигуни, що використовують швидкісні властивості потоку. Вітродвигуни, що використовують комбіновано властивості вітрового потоку.

#### **Розділ 3. Теорія ідеального ротора вітродвигунів..**

**Тема 3.1 Теорія ідеального вітродвигуна за М.Є.Жуковським.** Ідеальний ротор. Коефіцієнт потужності ідеального ротора.

**Тема 3.1 Теорія ідеального вітродвигуна за Г.Х.Сабініним.** Поняття приєднаних мас.

#### **Розділ 4. Теорія реального ротора вітродвигунів.**

**Тема 4.1 Процеси, що проходять в реальному роторі. Рівняння зв'язку.**

Сили, що діють на лопать у вітровому потоці. Рівняння зв'язку.

**Тема 4.2 Момент і потужність ротора вітроустановки.** Момент ротора. Кінцьові втрати. Профільні втрати. Втрати на крутіння струменя за ротором. Втрати від неповного використання площі обмаху.

**Тема 4.3 Аеродинамічний розрахунок ротора.** Вихідні вимоги розрахунку. Послідовність розрахунку

**Тема 4.4 Розрахунок характеристики ротора вітроустановки.** Побудова залежності моменту від модуля швидкодності. Побудова аеродинамічних залежностей ротора.

#### **Розділ 5. Встановлення вітроустановок на вітер.**

**Тема 5.1 Встановлення за допомогою хвоста та віндроз.** Сили, що діють на поверхню хвоста. Аеродинамічні сили на роторі.

**Тема 5.2 Встановлення розташуванням ротора за опорою.**

**Розділ 6. Вибір ділянок під будівництво вітроенергетичних установок та станцій.**

**Тема 6.1 Оцінка виробітку енергії вітроустановкою.** Режими вітрового потоку. Вітровий кадастр.

**Тема 6.2 Методичні засади вибору площадки під будівництво вітроелектростанцій.** Нормативна документація для вибору площадок.

**Розділ 7. Агрегування вітродвигунів з робочими машинами.**

**Тема 7.1 Робота вітроустановки з насосним обладнанням.** Робота вітроустановки з поршневіми насосами. Робота вітроустановки з відцентровими насосами.

**Розділ 8. Вітроелектричні установки.**

**Тема 8.1 Вітроелектричні установки постійного струму.** Процес самозбудження. Робота генератора на зарядку акумуляторної батареї. Робота генератора в буферному режимі з акумуляторною батареєю. Наближений розрахунок ємкості акумулятора.

**Тема 8.2 Вітроелектричні установки змінного струму.** Установки з синхронними генераторами. Установки з асинхронними генераторами. Вимоги електрообладнання вітроелектростанцій. Робота вітроенергетичних установок в автономному режимі.

#### 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.

Додаткові:

1. 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 1.1. Загальна характеристика вітроенергетики. Лекція 1. Вітроенергетика як складова частина енергобалансу країни. Історія розвитку вітроенергетики.

	<p><i>Лекція 2. Особливості розвитку світової вітроенергетики. Вітроенергетика України. Нові можливості вітроенергетики.</i></p> <p><i>літературні джерела [1-4]</i></p> <p><i>дистанційний курс</i></p> <p><i>«Вітроенергетика»</i> <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
2	<p><i>Тема 1.2 Загальні відомості з аеродинаміки.</i></p> <p><i>Лекція 3. Основні положення та закони аеродинаміки. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі.</i></p> <p><i>Лекція 4. Течія, циркуляція та потенціал швидкості. Теорема Гельмгольца. Критерії подібності.</i></p> <p><i>літературні джерела [1]</i></p> <p><i>дистанційний курс</i></p> <p><i>«Вітроенергетика»</i> <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
3	<p><i>Тема 1.3 Визначення аеродинамічних коефіцієнтів.</i></p> <p><i>Лекція 5. Поляра Лілієнталя. Вісі координат і аеродинамічні коефіцієнти. Центр тиску. Індуктивний опір лопаті.</i></p> <p><i>Лекція 6. Теорема М.Є.Жуковського про підйомну силу лопаті.</i></p> <p><i>літературні джерела [1]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
4	<p><i>Тема 2.1 Робота поверхні при дії на неї сили вітру.</i></p> <p><i>Лекція 7. Робота ротора крильчастого вітродвигуна. Підйомна сила циліндра, що обертається ефект Магнуса).</i></p> <p><i>літературні джерела [1]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
5	<p><i>Тема 2.2 Класифікація вітродвигунів та їх порівняння.</i></p> <p><i>Лекція 8. Вітродвигуни, що використовують силові властивості потоку.</i></p> <p><i>Лекція 9. Вітродвигуни, що використовують швидкісні властивості потоку.</i></p> <p><i>Лекція 10. Вітродвигуни, що використовують комбіновано властивості вітрового потоку.</i></p> <p><i>літературні джерела [1-4]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
6	<p><i>Тема 3.1 Теорія ідеального вітродвигуна за М.Є.Жуковським.</i></p> <p><i>Лекція 11. Поняття про ідеальний ротор. Коефіцієнт потужності ідеального ротора.</i></p> <p><i>літературні джерела [1-4]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика-1»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
7	<p><i>Тема 3.1 Теорія ідеального вітродвигуна за Г.Х.Сабініним.</i></p> <p><i>Лекція 12. Метод Г.Х.Сабініна при розгляді ідеального вітродвигуна</i></p> <p><i>літературні джерела [1-4]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgzcjc=bua5yei</a></p>
8	<p><i>Тема 4.1 Процеси, що проходять в реальному роторі.</i></p> <p><i>Лекція 13. Поняття про реальний ротор. Рівняння зв'язку. Сили, що діють на лопать у вітровому потоці. Рівняння зв'язку.</i></p> <p><i>літературні джерела [1-4]</i></p>

	<p>дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
9	<p>Тема 4.2 Момент і потужність ротора вітроустановки.  Лекція 14. Момент ротора. Кінцеві втрати. Профільні втрати. Втрати на крутіння струменя за ротором. Втрати від неповного використання площі обмаху.  літературні джерела [1-4]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
10	<p>Тема 4.3 Аеродинамічний розрахунок ротора.  Лекція 15. Методика аеродинамічного розрахунку ротора вітроустановки  літературні джерела [1-4]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
11	<p>Тема 4.4 Розрахунок характеристики ротора вітроустановки.  Лекція 16. Побудова аеродинамічної характеристики ротора  літературні джерела [1]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
12	<p>Тема 5.1 Встановлення за допомогою хвоста та віндроз.  Лекція 17. Поняття про аеродинамічні сили, що діють на ротор.  літературні джерела [1]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
13	<p>Тема 5.2 Встановлення розташуванням ротора за опорою.  Лекція 18. Характеристика сил, що діють на ротор при розташуванні за опорою  літературні джерела [1-4]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
14	<p>Тема 6.1 Оцінка виробітку енергії вітроустановкою.  Лекція 19. Характеристика чинників вітрового потоку, що впливають на виробництво енергії.  літературні джерела [1]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
15	<p>Тема 6.2 Методичні засади вибору площадки під будівництво вітроелектростанцій.  Лекція 20. Методика вибору площадки під будівництво вітроелектростанції  літературні джерела [1]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
16	<p>Тема 7.1 Робота вітроустановки з насосним обладнанням.  Лекція 21. Робота вітроустановки з поршневыми насосами.  Лекція 22. Робота вітроустановки з відцентровими насосами.  літературні джерела [1]  дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
17	<p>Тема 8.1 Вітроелектричні установки постійного струму.  Лекція 23. Характеристика вітроустановок з генераторами постійного струму. Процес самозбудження.</p>

	<p><i>Лекція 24. Робота генератора на зарядку акумуляторної батареї. Робота генератора в буферному режимі з акумуляторною батареєю. Наближений розрахунок ємності акумулятора.</i></p> <p><i>літературні джерела [1]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzg?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzg?cjc=bua5yei</a></p>
18	<p><i>Тема 8.2 Вітроелектричні установки змінного струму.</i></p> <p><i>Лекція 25. Установки з синхронними генераторами.</i></p> <p><i>Лекція 26. Установки з асинхронними генераторами. Вимоги електрообладнання вітроелектростанцій.</i></p> <p><i>Лекція 27. Робота вітроенергетичних установок в автономному режимі.</i></p> <p><i>літературні джерела [1]</i></p> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzg?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzg?cjc=bua5yei</a></p>

### *Лабораторні роботи*

<i>№ з/п</i>	<i>Короткий зміст лабораторної роботи</i>
1	<p><i>Лабораторна робота №1. <u>Оцінка вітрового енергетичного потенціалу місцевості. (2год.)</u></i></p> <p><b><i>Мета роботи:</i></b> <i>провести оцінку енергетичного потенціалу вітрового потоку за даними метеорологічних спостережень.</i></p> <p><b><i>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</i></b></p> <p><i>Для виконання лабораторної роботи необхідно здійснити наступне:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>за допомогою анемометра провести замірювання швидкості вітру (тривалість 30 хв. через кожних 10 с.);</i></li> <li>• <i>визначити математичне очікування, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, питому енергію вітрового потоку.</i></li> <li>• <i>встановити повторюваність швидкості вітру в діапазонах 0-1,...9-10м/сек. та побудувати її гістограму.</i></li> </ul> <p><i>дистанційний курс «Вітроенергетика»</i></p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzg?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzg?cjc=bua5yei</a></p>
2	<p><i>Лабораторна робота №2. <u>Визначення місця розташування площадки для встановлення вітроелектроагрегату. (2год.)</u></i></p> <p><b><i>Мета роботи:</i></b> <i>вивчити особливості конструкції та роботу автоматичного реєстратора LOGGTR NRG метеопоста.</i></p> <p><b><i>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</i></b></p> <p><i>При виконанні роботи необхідно вивчити особливості конструкції та роботи автоматичного реєстратора метеопоста, що полягає в наступному:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>прилад має 3 канали реєстрації швидкості вітру, 2 канали реєстрації напрямку і один додатковий аналоговий вхідний канал;</i></li> <li>• <i>стандарт вхідного сигналу: імпульсний сигнал напругою 5 В при стандартному елементі живлення 9 В;</i></li> <li>• <i>прилад відрізняється низьким споживанням потужності, що забезпечує безперервну реєстрацію параметрів вітру протягом більш ніж 6 місяців (при використанні двох стандартних лужних батарей напругою 9В);</i></li> <li>• <i>інтервал усереднення вибирається користувачем і складає або 10 хвилин, або 60 хвилин;</i></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• місткість елементів пам'яті забезпечує запис даних за період від 4 днів до 681 дня залежно від чіпу запису даних, числа датчиків і усередненого інтервалу, що використовується;</li> <li>• розмір вільної пам'яті на чіпі визначається в днях;</li> <li>• прилад розміщено в жорсткий, стійкий до атмосферних дій корпус із скловолокна;</li> <li>• напругу елементів живлення контролює вбудований вольтметр;</li> <li>• дані, що записуються, висвічуються на 6-розрядному рідиннокристалічному дисплеї;</li> <li>• початкові параметри вводяться з клавіатури введення даних;</li> <li>• надійність роботи приладу гарантується річною гарантією;</li> <li>• місткість чіпу, на якому зберігаються записані дані, складає 8 КБ або 32 КБ;</li> <li>• стабільність генератора розгортки визначається кварцовим резонатором, що забезпечує точність <math>\pm 0.0078\%</math>, що складає <math>\pm 3</math> хвилини в місяць;</li> <li>• програмне забезпечення налаштовується користувачем і забезпечує реєстрацію даних в режимі реального часу;</li> <li>• час початку і закінчення реєстрації даних, дати зупинок роботи приладу, поточна напруга батарей живлення — все це зберігається в пам'яті чіпу паралельно із записом даних;</li> <li>• номер приладу і обраний користувачем номер ділянки, де встановлено прилад, також зберігаються на чіпі з даними;</li> <li>• прилад реєструє стандартне відхилення параметру (особливо важливе для вимірювань турбулентних пульсацій швидкості вітру) на кожному вхідному каналі та для кожного інтервалу осереднення швидкості вітру.</li> </ul> <p>дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
3	<p><i>Лабораторна робота №3. <u>Зняття характеристик потужності та моменту моделі вітроелектричної установки. (4год.)</u></i></p> <p><b>Мета роботи:</b> зняття характеристик потужності та моменту моделі вітроелектричної установки.</p> <p><b>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. При змінному значенні швидкості вітру та усталеному навантаженні визначити енергетичні показники моделі</li> <li>2. Встановити необхідну швидкість вітру та значення навантаження (за допомогою магазину резисторів). Виміряти силу на валу генератора та довжину плеча, на якому встановлений вантаж.</li> <li>3. Розрахувати: число модулів, коефіцієнт використання енергії вітру</li> </ol> <p>дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bua5yei</a></p>
4	<p><i>Лабораторна робота № 4. <u>Випробування генератора постійного струму незалежного збудження вітроелектроустановки. (4год.)</u></i></p> <p><b>Мета роботи:</b> зняття дослідним шляхом характеристик генератора, що визначають його властивості, як джерела постійного струму.</p> <p><b>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зняти характеристику холостого ходу генератора.</li> <li>2. Зняти зовнішню характеристику генератора.</li> <li>3. Зняти регулюючу характеристику генератора.</li> </ol> <p>дистанційний курс «Вітроенергетика»</p>



	<a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bu5yei">ps://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bu5yei</a>
5	<p><i>Лабораторна робота № 5. <u>Випробування трифазного асинхронного генератора вітроелектроустановки. (4год.)</u></i></p> <p><b>Мета роботи:</b> зняття дослідним шляхом характеристик асинхронного генератора, що визначають його властивості, як джерела змінного струму.</p> <p><b>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</b></p> <p>Зняти та побудувати робочі характеристики асинхронного генератора з самозбудженням. Після збудження ненавантаженого асинхронного генератора до напруги, величина якої залежить від ємності конденсаторів, та при номінальному значенні частоти (<math>f_n=50\text{Гц}</math>), отримують перші точки робочих характеристик генератора з контролем струмів та інших величин. Потім, не змінюючи величини встановленої ємності батареї конденсаторів та підтримуючи частоту незмінною, генератор поступово навантажують симетричним активним навантаженням, яке контролюють за величиною струму <math>I_1</math> в обмотках статора асинхронного генератора до його саморозмагнічування та різкого зниження напруги на затискачах асинхронного генератора і від'єднують навантаження. Зняти 5...7 точок. Дані заносяться в таблицю.</p> <p>дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bu5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bu5yei</a></p>
6	<p><i>Лабораторна робота № 6. Випробування однофазного синхронного генератора з постійним збудженням вітроелектроустановки. (2год.)</i></p> <p><b>Мета роботи:</b> зняття характеристик синхронного генератора, що визначають його властивості, як джерела змінного струму.</p> <p><b>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</b></p> <p>1.Зняти та побудувати робочі характеристики холостого ходу синхронного генератора з постійним збудженням.</p> <p>2.Зняти зовнішню характеристику синхронного генератора з постійним збудженням.</p> <p>дистанційний курс «Вітроенергетика»  <a href="https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bu5yei">https://classroom.google.com/c/NTM1Mjg5NzU4Mzgz?cjc=bu5yei</a></p>

### 1. 6. Самостійна робота студента

№з /п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Опрацювання лекційного матеріалу	18
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 екзамену	30
	Всього	78

### Модульна контрольна робота

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

## 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 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: 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 «Вітроенергетика»;
- 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 (PCO)

**Поточний контроль:** експрес-опитування, МКР, ЛР.

**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 зарахування усіх лабораторних 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 шести лабораторних робіт;
- виконання одної контрольної роботи у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Лаб. роботи	МКР	Rc	Рекз	R
27	30	3	60	40	100

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

Ваговий бал – 1

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бал \* 27 = 27 балів.

##### *Критерії оцінювання*

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1бал;
- неправильні відповіді на окремі питання з місця – 0 балів;

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

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 5 · 6 = 30 балів.

##### *Критерії оцінювання*

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 5 балів;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2 ... 4 балів;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1 ... 2 балів;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

#### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал кожної частини МКР – 3.

Максимальний бал за МКР – 1 \* 3 = 3.

##### *Критерії оцінювання*

- правильні відповіді на питання – 3 бали;
- часткові відповіді на питання, наявність незначних помилок – 2 балів;
- 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 двох теоретичних запитань кожне з яких оцінюється максимально в 20 балів.

##### *Критерії оцінювання екзамену*

Рейтинг Rc в межах (0,3 – 0,59)\*R, тобто 30 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену Рекз = 40 балів.

Рейтинг екзамену Рекз = 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 Рекз = 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 Рекз = 16 – 24 балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену Рекз = 15 балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті 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**

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. Методика аеродинамічного розрахунку ротора вітроенергетичної установки.
20. Встановлення вітроенергетичної установки на вітер за допомогою хвоста.
21. Встановлення вітроенергетичної установки на вітер за допомогою віндроз.
22. Встановлення вітроенергетичної установки на вітер розташуванням ротора за опорою.
23. Регулювання швидкості обертання ротора вітроенергетичної установки.
24. Вибір ділянок для будівництва вітроенергетичних установок та вітроелектричних станцій.
25. Робота вітроенергетичної установки з насосом.
26. Типи вітроелектричних установок.

27. Вітроелектричні установки постійного струму. Робота вітроелектричних установок постійного струму на зарядження акумуляторних батарей.
28. Робота вітроелектричних установок постійного струму в буферному режимі з акумуляторними батареями. Наближений розрахунок ємності акумуляторних батарей вітроелектричних установок.
29. Вітроелектричні установки змінного струму.
30. Робота вітроелектричної установки в автономному режимі.

***Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ***

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

**Складено** професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.т.н., проф., Головком В.М.

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

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.23).