



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Надійність та діагностика

### Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### Освітня програма

Електромеханіка

### Рівень освіти

Магістр

### Семестр

2

### Інститут

ННІ електроенергетики, електроніки та електромеханіки

### Кафедра

Електричні машини (126)

### Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), обов'язкова

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Шевченко Валентина Володимирівна

[Valentyna.Shevchenko@khpі.edu.ua](mailto:Valentyna.Shevchenko@khpі.edu.ua)

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри електричних машин

Авторка та співавторка більше 300 наукових та методичних публікацій, 5 монографій, 10 патентів. Має звання «ING-PAED IGIP» (Міжнародний педагог в галузі інженерної педагогіки IGIP).

Викладає дисципліни: Електричні машини, Електричні машини і апарати, Надійність і діагностика, Електричні генератори для ГЕС і міні-ГЕС, Перспективи використання надпровідності в електромеханіці.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна вивчає питання надійності і діагностування технічного стану електрообладнання електричних станцій та промислових підприємств, питання щодо складання програми обстеження з метою забезпечення надійної експлуатації, виконання монтажу та обслуговування; діагностики і випробувань електрообладнання, встановлення можливості подальшої експлуатації.

### Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є підготовка магістра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що передбачає формування бази теоретичних і практичних знань в області діагностування технічного стану електрообладнання електричних станцій та промислових підприємств, в складанні програми його обстеження з метою забезпечення надійної експлуатації, надійного виконання монтажу та обслуговування; формування у студентів знань про окремі види електрообладнання та їх конструкції, про сучасні способи діагностики і випробувань електрообладнання, встановлення можливості подальшої експлуатації в межах встановленого строку експлуатації та після його закінчення

### Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

## **Компетентності**

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, працювати самостійно та в команді.

Здатність продукувати нові ідеї, приймати обґрунтовані рішення, проявляти креативність та системне мислення, виявляти та оцінювати ризики

Знання і розуміння закономірностей, механізмів та наслідків відмов обладнання, здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва, технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації електроенергетичного, електротехнічного і електромеханічного устаткування та обладнання.

Здатність застосовувати аналітичні методи аналізу, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень.

Здатність застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових завдань інженерної та наукової діяльності в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

Здатність використовувати закони та інженерні принципи, математичний апарат високого рівня для проектування, моделювання, конструювання, виробництва, монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації об'єктів, у сфері електричних машин, електричних апаратів, електропобутової техніки та електротранспорту.

## **Результати навчання**

Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

Визначати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

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

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

Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

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

Обґрунтовувати вибір напряму та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

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

Вирішувати професійні задачі з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем.

Опанувати нові методи синтезу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних установок та систем із заданими показниками.

## **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 32 год., самостійна робота – 86 год.

## **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Дисципліна базується на освітній програмі підготовки бакалавра.

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Застосовуються активні форми проведення занять: лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, практичні заняття, інженерний семінар, співбесіда, консультація.

На практичних заняттях використовується компетентнісний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій при визначенні надійності та діагностування роботи електрообладнання.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Тема 1. Надійність електрообладнання

Тема 1.1. Поняття надійності в теорії електричних машин: надійність, працездатність, відмова, несправності, напрацювання, безвідмовність. Інтенсивність відмов як міра надійності електрообладнання (ЕО).

Тема 1.2. Оцінка відмов ЕО з точки зору теорії надійності. Резервування та підвищення запасів міцності, як шлях підвищення надійності. Service-factor в електромашинобудуванні. Структурна надійність електрообладнання.

Тема 1.3. Вплив з'єднань елементів на надійність ЕО та методи їх розрахунку. Системи з послідовним з'єднанням елементів. Системи з паралельним з'єднанням елементів. Системи з паралельно-послідовним з'єднанням елементів. Системи типу "m з n".

Тема 1.4. Розрахунки та засоби забезпечення надійності. Коефіцієнт готовності ЕО, довірчі інтервали. Забезпечення надійності системи в залежності від навантаження та заданої міцності.

Тема 1.5. Загальні відомості про методи оцінки надійності. Шляхи і засоби забезпечення надійності ЕО. Встановлення техніко-економічної ефективності прийнятого рішення з забезпеченням надійності об'єкта.

#### Тема 2. Експлуатація, ремонт та обслуговування електрообладнання на станціях і промислових підприємствах

Тема 2.1. Поняття експлуатаційної витривалості обладнання. Вплив механічних навантажень на показники надійності ЕО. Системи дослідження і діагностики. Поняття витривалості механічного обладнання під час експлуатації. Основні показники безвідмовності роботи об'єктів.

Тема 2.2. Система планово-попереджувальних ремонтів (Система ППР). Технічне обслуговування та ремонт ЕО з урахуванням технічного стану. Вплив конструкцій і характеристик електричних машин (ЕМ) на їх надійність.

Тема 2.3. Основні положення та вимоги щодо забезпечення безвідмовності роботи ЕМ. Технічні характеристики, що повинні враховуватись під час проектування ЕМ. Загальні умови забезпечення надійності ЕМ при проектуванні. Технічні характеристики, що повинні враховуватись під час проектування ЕМ.

Тема 2.4. Підтримка надійності ЕМ під час експлуатації шляхом забезпечення достатнього охолодження. Особливості конструкції ЕМ, що визначаються умовами їх експлуатації. Вплив кліматичних умов і умови розміщення ЕМ на їх надійність. Конструктивні групи ЕМ.

Тема 2.5. Вплив строку експлуатації ЕО на його надійність. Експлуатаційна надійність ЕО. Основні шляхи підвищення надійності ЕО з урахуванням процесів старіння.

Тема 2.6. Врахування амортизації ЕО для оцінки рентабельності проведення ремонтів. Пошкодження та несправності підшипників Переваги та недоліки машин постійного струму (МПС), оцінка надійності роботи та статистика відмов МПС.

Тема 2.7. Розрахунок надійності системи (обладнання), що складається з послідовно та паралельно з'єднаних елементів на прикладі синхронного генератора та супутнього обладнання на тепловій станції.

#### Тема 3. Діагностика на етапі експлуатації електрообладнання. Особливості роботи електрообладнання в різних режимах і умовах

Тема 3.1. Забезпечення надійності ЕО в процесі експлуатації. Вплив режимів експлуатації (на прикладі асинхронного двигуна). Методи підвищення експлуатаційної надійності ЕО.

Тема 3.2. Визначення експлуатаційних ушкоджень і відмов ЕО. Діагностування АД по спектру струму статора. Покращення пускових характеристик АД як засіб енергозбереження та підвищення їх надійності.

Тема 3.3. Методи підвищення експлуатаційної надійності ЕО. Встановлення остаточного ресурсу електрообладнання електромеханічних пристроїв та перевірка працездатності. Особливості діагностики стану електрообладнання атомних електростанцій.

Тема 3.4. Визначення експлуатаційних ушкоджень і відмов ЕО. Діагностування АД по спектру струму статора. Покращення пускових характеристик асинхронних короткозамкнених двигунів як засіб енергозбереження та підвищення їх надійності. Методи підвищення експлуатаційної надійності ЕО.

### **Теми практичних занять**

Тема 1. Відмови ЕО в теорії надійності. Визначення меж можливості експлуатації ЕО при підвищеній температурі, перенапрузі, в агресивних середовищах тощо.

Тема 2. Особливості експлуатації ЕО при підвищеній температурі, перенапрузі, в агресивних середовищах тощо.

Тема 3. Розрахунки показників безвідмовності обладнання. Перетворення схем складних комбінованих систем.

Тема 4. Шляхи та засоби зниження помилок при експлуатації електрообладнання.

Тема 5. Періоди роботи ЕО: період приробки, нормальної експлуатації, період зносу. Особливості оцінки періодів роботи турбо- та гідрогенераторів. Контрольна робота 1

Тема 6. Класи нагрівостійкості ізоляції, теплостійкість ізоляції. Визначення допустимих значень перевищення температури окремих елементів електричних машин.

Тема 7. Ремонтоздатність, як умова забезпечення виконання профілактичного та поточного обслуговування електрообладнання

Тема 8. Види підшипників, що використовуються для ЕМ. Надійність і довговічність підшипників ЕМ. Причини ушкодження підшипників. Розрахункова довговічність підшипників.

Тема 9. Електротехнічні матеріали, що застосовують в ЕМ. Метод приведення напруг для розрахунку валів електричних машин.

Тема 10. Оцінка надійності роботи синхронних машин (СМ), статистика відмов СМ.

Тема 11. Типові пошкодження СМ: пошкодження обмоток та осердь статорів, механічні пошкодження роторів. Контрольна робота 2

Тема 12. Типові пошкодження машин постійного струму. Діагностика та встановлення причин іскріння на колекторі.

Тема 13. Шляхи підвищення надійності електрообладнання на прикладі синхронного генератора.

Тема 14. Діагностування ТГ в режимі on-line. Вібродіагностика ТГ.

Тема 15. Вплив на ремонтоздатність розрахунково-конструкторських та експлуатаційних факторів. Шляхи та засоби зниження помилок при експлуатації ЕО. Періоди роботи ЕО: період приробки, нормальної експлуатації, період зносу.

Тема 16. Діагностування АД по спектру струму статора.

Захист розрахункового завдання

### **Самостійна робота**

Дисципліна передбачає виконання розрахункового завдання «Визначення надійності і діагностика електричних машин і трансформаторів на електростанціях та промислових підприємствах». Розрахункове завдання містить звіт з виконання розрахунку згідно обраного варіанту. Успішний захист розрахункового завдання оцінюється в 30 балів і входить до екзаменаційної оцінки.

Студентам рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення.

## **Література та навчальні матеріали**

### **Основна література**

1. Губаревич О. В. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.
2. Лозинський О. Ю., Марущак Я. Ю., Костробій П. П. Розрахунок надійності електроприводів: Підручник, – Львів, вид. ДУ «Львівська політехніка», 1996. – 234 с

3. Діагностика і надійність електромеханічного обладнання промислових підприємств і електростанцій. Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни «Надійність і діагностика» для студентів всіх форм навчання по спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладач Шевченко В. В. – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 50 с.
4. Васілевський О. М., Поджаренко В. О. Нормування показників надійності технічних засобів: навч. посіб. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 129 с.
5. Кутін В. М., Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Діагностика електрообладнання: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 161 с.
6. Журахівський А. В., Казанський С. В., Матеєнко Ю. П., Пастух О. Р. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
7. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Вид. «Індустрія», 2008. – 424 с.
8. Васілевський О. М., Ігнатенко О. Г. Нормування показників надійності технічних засобів: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 160 с.
9. Бандурян Б. Б., Федоренко Г. М., Остапчук Л. Б., Саратов В. О. Контроль та діагностика технічного стану основного електротехнічного та теплового обладнання АЕС, ТЕС і ГЕС на основі тепловізійних технологій. // Київ: Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2006. - Вип. 4. – С. 125-131.

### Додаткова література

10. Мілих В. І., Шавьолкін О. О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник / За ред. В. І. Мілих. – Київ: «Каравела», 2007. – 688 с.
11. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення (2273). – Київ: Держстандарт України, 1994. – 91 с. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=25034](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25034)
12. Вишнівський В. В., Василенко В. В., Гніденко М. П. та ін. Основи надійності та діагностики інформаційних систем. Навчальний посібник підготовлено для самостійної роботи студентів та аспірантів вищих навч. закладів. – Київ: ННІТ ДУТ, 2020. – 184 с.
13. Zia I, Курач Т. Ю. Аналіз самозапуску асинхронного двигуна при несиметрії напруги в енергосистемі. // Наукові вісті НТУУ "КПІ": Енергетика та нові енергогенеруючі технології. – 2008. – № 5. – С. 33-38.
14. Казанський С. В. Надійність електроенергетичних систем: практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 67 с.
15. Ключников О. О., Федоренко Г. М., Виговський О. В. Прогнозування термодіфектів в обмотці та осерді статора потужних турбогенераторів блоків АЕС та їхня локалізація за допомогою інтелектуальних методів і засобів // Київ: Проблеми безпеки АЕС і Чорнобиля. – 2011, вип. 17. – С 17-26.
16. Лут М. Т., Мірошник О. В., Трунова І. М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.
17. Матусевич О. О. Наукові напрями підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання тягових підстанцій з урахуванням його фактичного технічного стану. [https://radalight.kname.edu.ua/images/Files/Matysevich/MATUSEVICH DISSER\\_FINAL-67-119.pdf](https://radalight.kname.edu.ua/images/Files/Matysevich/MATUSEVICH DISSER_FINAL-67-119.pdf)
18. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с. Адреса доступу: <https://art-energetyka.com.ua> Правила улаштування-електроустановок.pdf
19. Рубаненко О. О., Янович В. П., Гунько І. О. Дослідження причин пошкодження синхронних генераторів. // Кременчук: КНТУ. – 2019. – Вип. 5(277). – С. 176-179.
20. Севостьянов І. В. Експлуатація та обслуговування машин. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 127 с.
21. Сивокобиленко В. Ф., Лисенко В. А. Аналіз поведінки синхронних двигунів у режимах перемикання на резервне живлення. // Донецьк: Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». – 2020. – №2(23). – С. 28-37.
22. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання. Видання офіційне. – 2007. – 271 с.
23. Степанов В. І. Надійність електроенергетичних систем: практикум [Електронний ресурс]: Національний транспортний університет. – 2020. – 67 с. <https://studfile.net/preview/5609068/>
24. Чорний О. П., Зачепа Ю. В., Титюк В. К., Чорна О. А. Моніторинг і діагностика електромеханічних об'єктів: навчальний посібник. – Кременчук: ЧП Щербатих А. В., 2019. – 122 с.

25. Gabor Csaba. "Generator diagnostics from failure modes to risk for forced outage." 2018 [Online]. Available: <https://irispower.com/wp-content/uploads/2018/06/Generator-diagnostics-From-failure-modes-to-riskforced-outage.pdf>. [Accessed: 4-Jul-2019].
26. Shevchenko Valentina V. Basics of electric power engineering. Beginning. Training manual for students of electrical engineering specialty 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". – Kharkov: 2022. – 256 с. – Available: <https://zenodo.org/record/6465750>
27. Shevchenko V. V., Minko A. N., Dimov M. Improvement of Turbogenerators as a Technical Basis for Ensuring the Energy Independence of Ukraine // Kharkiv: NTU "KhPI". – Electrical Engineering & Electromechanics. – 2021, no. 4. – Pp. 19-30. doi: 10.20998/2074-272X.2021.4.03

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання на екзамені (30 %) та поточного оцінювання (70 %). Екзамен проводиться за екзаменаційними білетами в усній формі. Поточне оцінювання складається з оцінок за роботу в семестрі на лекціях (25 балів), практичні роботи (15 балів) та захисту розрахункового завдання (30 балів).

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено	31.08.2023	Завідувач кафедри Володимир МІЛИХ
	31.08.2023	Гарант ОПП Євген БАЙДА
	31.08.2023	Гарант ОНП Володимир МІЛИХ