



# Теорія надійності технічних систем

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	Електрична інженерія
Спеціальність	141 Електроенергетика, Електротехніка та Електромеханіка
Освітня програма	Електричні системи і мережі
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS (120 години)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота
Розклад занять	4 години лекційних занять на тиждень
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	ст.викладач, к.т.н. Богомолова О.С., т. +380502838475
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Теорія надійності технічних систем» входить до циклу професійно-практичної підготовки бакалаврів та націлений на надання студенту знань, вмінь і навичок в галузі практичного застосування основних положень з теорії та сучасних методик визначення та підвищення надійності електричних систем.

Мета дисципліни полягає у ознайомленні студентів з принципами розв'язання задач оцінювання та синтезу надійності технічних систем, моделями та способами забезпечення надійності складних технічних систем

Програмні результати навчання:

#### Компетенції:

ЗК02. Здатність застосовувати знання на практиці.

ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

К12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

К19. Здатність до усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

К26. Здатність оцінювати показники надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем.

#### Знання:

ПР24. Знати принципи розрахунку та способів підвищення показників надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем.

ПР26. Знати положення нормативної документації та особливостей виконання проектних розрахунків у галузі електричних мереж та електроенергетичних систем.

ПР28. Знати принципи практичного застосування сучасних інтелектуальних технологій для створення програм підтримки рішень в галузі електричних мереж та електроенергетичних систем.

- підходів до рішення практичних задач підвищення надійності під час проектування та експлуатації технічних систем.

#### **Уміння:**

ПРО9. 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.

ПР11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

ПР37. Уміти приймати оптимальні рішення під час вирішення завдань з розвитку електроенергетичних систем.

- оцінювати за методом структурних схем склад технічних систем для визначення надійності;

- розраховувати основні показники надійності технічних систем;

- аналізувати надійність сучасних технічних систем.

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

Дисципліна базується на знаннях отриманих студентами при вивченні таких дисциплін як «Вища математика», «Загальна фізика», «Обчислювальна техніка та алгоритми мови», «Теоретичні основи електротехніки», «Математичні задачі енергетики», «Вступ до спеціальності».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна передбачає наступні **теми лекційних занять**:

1. Основні терміни та визначення теорії надійності технічних систем.
2. Класифікація відмов об'єктів
3. Математичні основи теорії надійності технічних систем.
4. Показники надійності технічних систем: показники безвідмовності.
5. Показники надійності технічних систем: показники безвідмовності – інтенсивність відмов.
6. Показники надійності технічних систем: показники довговічності.
7. Показники надійності технічних систем: показники збережуваності та показники ремонтпридатності.
8. Комплексні показники надійності технічних систем.
9. Оцінювання відповідності отриманих експериментальних показників безвідмовності заданим нормативним вимогам
10. Методи визначення надійності технічних систем – класичний (аналітичний) метод.
11. Аналітичний метод визначення надійності технічних систем.
12. Метод розрахунку показників безвідмовності системи з «містковим» з'єднанням елементів.
13. Методи розрахунку надійності резервованих систем
14. Основи технічного контролю та діагностування технічних систем
15. Заходи, методи і засоби забезпечення надійності і безпеки технічних систем

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна література

1. Міляєв Ю. П. *Основи надійності технічних систем: навч. посіб.* / Ю. П. Міляєв, О. М. Нечипоренко. – К.: Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2008. – 246 с. – Бібліогр.: с. 242–245. – 300 пр. – ISBN 978- 966- 96983-5-3
2. Бобало, Ю. Я. *Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних, електротехнічних та програмних систем: монографія [Текст]* / Ю.Я. Бобало, Б. Ю. Волочій, О. Ю. Лозинський, Б. А. Мандзій, Л. Д. Озірковський, Д. В. Федасюк, С. В. Щербаковських, В. С. Яковина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. -300 с
3. Казанський С.В. *Надійність електроенергетичних систем. Практикум.* – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». - 2020 р. – 67 с.
4. Журахівський А.В. *Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник* / А.В. Журахівський, С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, О.Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «політехніка», 2017. – 459 с. – Бібліогр. : с. 450-452.
5. ДСТУ 2860-94 (ГОСТ 27.002-89). *Надійність техніки. Терміни та визначення:* [http://dbn.at.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_2860\\_94\\_nadijnist\\_tekhniki\\_termini\\_ta\\_viznachennja/5-1-0-1209](http://dbn.at.ua/load/normativy/dstu/dstu_2860_94_nadijnist_tekhniki_termini_ta_viznachennja/5-1-0-1209) 22. ДСТУ 3433-96 (ГОСТ 27.005-97). *Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення:* [http://gost-snip.su/download/gost\\_27005\\_97\\_nadejnost\\_v\\_tehnike\\_modeli\\_otkazov\\_osnovnie\\_polojeniya](http://gost-snip.su/download/gost_27005_97_nadejnost_v_tehnike_modeli_otkazov_osnovnie_polojeniya)
6. ДСТУ 2861-94. *Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення:* [01911.com.ua/.../ДСТУ-2861-94-Надійність-техніки.-Аналіз-надійності.-Основні](http://01911.com.ua/.../ДСТУ-2861-94-Надійність-техніки.-Аналіз-надійності.-Основні)
7. ДСТУ 3004-95. *Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними:* <http://metrology.com.ua/download/dstu-gost-gost-r/60-dstu/437-dstu-3004-95>
8. ДСТУ. *Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань і (або) експлуатації в умовах малої статистики відмов:* [http://www.immsp.kiev.ua/activity/Napriam%20Standarty/Standart\\_Stat\\_ystyka\\_vidmov.pdf](http://www.immsp.kiev.ua/activity/Napriam%20Standarty/Standart_Stat_ystyka_vidmov.pdf)

##### Додаткова література

1. Грібов В.М. *Надійність і діагностика технічних систем.* Київ: НАУ, 2005. – 120 с.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. *Теорія технічних систем.* – К.: Тернополь, 1988. – 312 с.
3. Федун І.В. *Основи теорії надійності та контролю якості виробів електронної техніки: Лабораторний практикум.* – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 71 с.
4. Гліненко Л.К., Сухоносів О.Г. *Основи моделювання технічних систем.* – Львів: «Бескиз Біт», 2003. – 176 с
5. *Інтернет-портал Американського Суспільства з Контролю Якості (American Society for Quality, ASQ) [Електронний ресурс].* – Режим доступу: <http://www.asq.org>

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекції

##### 1. Основні терміни та визначення теорії надійності технічних систем.

Основні поняття надійності електроенергетичної системи. Формування загальної характеристики проблеми аналізу надійності технічних систем.

## **2. Класифікація відмов об'єктів**

Класифікація відмов об'єктів за різними ознаками. Раптові та поступові відмови. Залежні та незалежні відмови. Деградаційні відмови об'єктів. Відмови типу збій, аварія, тощо. Конструкційні, виробничі та експлуатаційні відмови. Критерії відмов об'єктів. Формулювання критеріїв відмови для складних та простих технічних систем.

## **3. Математичні основи теорії надійності технічних систем.**

Основні аксіоми та теореми теорії ймовірності, що використовуються у теорії надійності. Випробування. Результати випробувань. Події та їх класифікація. Достовірні та неможливі події. Сумісні та несумісні події. Протилежні події. Ймовірність виникнення подій. Повна група подій. Правила додавання ймовірності подій. Умовні та безумовні ймовірності. Властивості умовних ймовірностей. Теорема множення ймовірностей. Теорема додавання ймовірностей. Теорема повної ймовірності.

## **4. Показники надійності технічних систем: показники безвідмовності.**

Класифікація показників надійності. Одиничні та комплексні показники надійності. Експериментальні, розрахункові, експлуатаційні і екстрапольовані показники надійності. Стаціонарні і нестаціонарні показники надійності. Фізичний зміст показників безвідмовності. Імовірність безвідмовної роботи за час  $t$ , середній наробіток до відмови, середній наробіток між відмовами, частота відмов, параметр потоку відмов.

## **5. Показники надійності технічних систем: показники безвідмовності – інтенсивність відмов.**

Фізичний зміст показника безвідмовності – інтенсивності відмов. Ванна-подібна крива інтенсивності відмов технічних систем. Моделювання різних ділянок кривої інтенсивності відмов за допомогою різних законів розподілу випадкових величин – експоненціального (показового), нормального, розподілу Вейбулла.

## **6. Показники надійності технічних систем: показники довговічності.**

Фізичний зміст показників довговічності технічних систем. Середній технічний ресурс, гама-відсотковий ресурс, призначений ресурс, залишковий ресурс. Середній термін служби, гама-відсотковий термін служби, призначений термін служби, залишковий термін служби.

## **7. Показники надійності технічних систем: показники збережуваності та показники ремонтпридатності.**

Фізичний зміст показників збережуваності. Середній термін збережуваності, гама-відсотковий термін збережуваності. Показники ремонтпридатності. Імовірність відновлення працездатного стану, середня тривалість відновлення працездатного стану, інтенсивність відновлення працездатного стану

## **8. Комплексні показники надійності технічних систем.**

Фізичний зміст комплексних показників надійності технічних систем. Коефіцієнт готовності, коефіцієнт неготовності, стаціонарний коефіцієнт готовності, нестаціонарний коефіцієнт готовності, коефіцієнт оперативної готовності, коефіцієнт технічного використання.

## **9. Оцінювання відповідності отриманих експериментальних показників безвідмовності заданим нормативним вимогам**

Визначення основних показників надійності технічних систем за результатами обробки статистичних даних про відмови. Побудова гістограм статистичної функції розподілу випадкової величини та щільності розподілу випадкової величини. Визначення показників безвідмовності: ймовірності безвідмовної роботи та ймовірність відмови технічної системи

за час  $t$ , інтенсивності відмов, середнього часу безвідмовної роботи, тощо. Визначення закону розподілу випадкової величини

#### **10. Методи визначення надійності технічних систем – класичний (аналітичний) метод.**

Моделі відмов технічних систем – вибір моделі та вимоги до моделі відмов. Імовірнісні та імовірнісно-фізичні моделі відмов. Експоненціальний закон надійності технічних систем. Методи визначення надійності технічних систем. Аналітичний (класичний) метод. Суть методу, вихідні дані, припущення та обмеження, очікувані результати.

#### **11. Аналітичний метод визначення надійності технічних систем.**

Формалізація процесу функціонування систем. Структурно-функціональні схеми надійності систем. Формулювання критерію відмови. Послідовне, паралельне і змішане з'єднання елементів у систему. Визначення показників безвідмовності технічних систем – ймовірностей безвідмовної роботи та відмови за час  $t$ , інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови.

#### **12. Метод розрахунку показників безвідмовності системи з «містковим» з'єднанням елементів.**

Особливості «місткового» з'єднання елементів в системі з точки зору надійності. Побудова надійнісно-функціональної схеми та методика визначення показників безвідмовності системи з «містковим» з'єднанням елементів.

#### **13. Методи розрахунку надійності резервованих систем**

Резервування та його види. Основний та резервний елементи. Види резервування. Розрахунок надійності резервованих систем при різних видах резерву. Розрахунок надійності систем, що мають структуру типу "К з N".

#### **14. Основи технічного контролю та діагностування технічних систем**

Основні терміни та визначення в галузі контролю і діагностування технічних систем. Необхідність контролю і діагностування технічних об'єктів у процесі експлуатації. Об'єкт технічного контролю і діагностування. Якість технічного об'єкту. Вид технічного стану об'єкту діагностування. Контроль технічного стану. Мета і основні задачі технічного контролю. Контролепридатність технічних об'єктів. Прогнозування технічного стану об'єктів. Мета і основні задачі технічного діагностування. Засіб технічного діагностування. Система і алгоритм технічного діагностування. Діагностична ознака (параметр). Класифікація видів діагностування. Тестове і функціональне діагностування. Вибір та обґрунтування визначальних параметрів об'єкту контролю. Вибір та обґрунтування контрольованого сигналу. Вибір та обґрунтування діагностичної ознаки, (параметра) для технічного діагностування об'єкту. Основні принципи вибору діагностичних параметрів при тестовому і функціональному діагностуванні.

#### **15. Заходи, методи і засоби забезпечення надійності і безпеки технічних систем**

Заходи на стадії проектування: попереджувальні, контрольні та захисні; заходи на стадії виготовлення технічних систем; заходи на стадії експлуатації технічних систем. Системні, структурні, конструктивні та експлуатаційні методи підвищення надійності технічних засобів.

### **7. Самостійна робота студента/аспіранта**

Підготовка до експрес-тестів – 26 годин.

Підготовка МКР – 20 годин.

Самостійне опрацювання тем – 20 годин.

Усього 66 годин самостійної підготовки.

### Політика та контроль

#### 8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### **Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали**

Студентам можуть нараховуватися заохочувальні бали. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

Заохочувальні бали:

Критерій	Ваговий бал
Опитування під час лекційних занять: правильна відповідь оцінюється в 1 бал	6 балів
Створення інфографіки або іншого засобу графічної інтерпретації інформації для однієї з тем курсу	5 балів
Участь у міжнародних, всеукраїнських наукових заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни): публікація тез доповідань чи статей	10 балів

##### **Відвідування занять**

Штрафні бали за відсутність на заняттях не виставляються. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються практичні навички, необхідні для виконання лабораторних робіт.

Викладач може звернути увагу на відвідування занять у випадку, якщо студент(-ка) із недостатньою кількістю балів вимагає високу оцінку.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

##### **Пропущені контрольні заходи оцінювання**

Контрольні заходи оцінювання, виконання яких передбачено на занятті, проводяться у завчасно визначений день, який озвучується студентам на першому тижні освітнього процесу. Виконання таких контрольних заходів оцінювання в інший день дозволяється за вагомих та/або форс-мажорних обставин.

Результат модульної контрольної роботи для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент має можливість написати модульну контрольну роботу у інший час за погодженням із викладачем. Перенесення строків проходження тесту можливе лише з поважних причин (хвороба, інші форс-мажорні обставини).

Повторне тестування в рамках модульної контрольної роботи та/або захисту лабораторного практикуму допускається зі штрафними балами (-1 бал за кожен додаткову спробу).

##### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання**

Після отримання коментарів від викладача з аргументацією щодо оцінки, студент(-ка) має право в індивідуальному порядку задати всі питання, які його/її цікавлять стосовно результатів контрольних заходів оцінювання. Якщо студент(-ка) категорично не погоджується з оцінкою, він/вона мають також навести аргументи щодо своєї позиції та звернутися до завідувача кафедри для подальшого вирішення питання.

##### **Академічна доброчесність**

У разі використання контенту, захищеного авторським правом, результатів аналітичних досліджень та/або іншої інформації, студенти мають обов'язково вказувати джерело.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Дистанційне навчання**

Проходження он-лайн курсів передбачено у випадку форс мажорних обставин (зокрема, карантинних заходів) та для інклюзивного навчання студентів з вадами опорно-рухового апарату.

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна розрахована на вивчення для студентів із особливими освітніми потребами, але слід враховувати велике навантаження на зоровий апарат. В залежності від особливих потреб студентів можливе використання дистанційного навчання.

## **9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Поточний контроль: експрес-тест, МКР.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 35 балів та успішне виконання МКР.

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 система оцінювання здобувача після звершення семестру складається з балів, отриманих за:

- Відповіді під час проведення експрес-тесту;
- Виконання модульної контрольної роботи;
- Заохочувальних балів за продуктивну роботу.

Тест (3*10)	МКР (4*15)	Заохочення
30	60	10

### **Експрес – тест**

Максимальна кількість балів 30 ( три тести по 10 балів).

Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі запитання (більше 90% матеріалу) – коефіцієнт 0,9 -1;
- неповне виконання завдання (від 60 до 90% матеріалу) – 0,6-0,9;

- виконане завдання містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів.

#### *Модульна контрольна робота*

*Ваговий бал за одне завдання МКР: 15.*

*Максимальний бал за МКР (4 завдання): 4x15=60.*

*Критерії оцінювання*

- повна відповідь на всі запитання (більше 90% матеріалу) – коефіцієнт 0,9 -1;
  - неповне виконання завдання (від 60 до 90% матеріалу) – 0,6-0,9;
  - виконане завдання містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів.
- За кожний тиждень затримки здачі завдання нараховується -1 штрафний бал. Здача завдань за межами семестру зараховується з коефіцієнтом 0,5.*

*МКР виконується на основі початкових матеріалів [3].*

*Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу здобувача не менше 60% від максимального можливого на час атестації.*

#### *Форма семестрового контролю – залік*

*Максимальна сума балів з дисципліни складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є складені три тести та виконані чотири завдання МКР з сумарною кількістю балів не менше 35. Максимальний бал за контрольну залікову роботу – 40 балів.*

### **10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

*Можливе перезарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою.*

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

**Складено** старш.викладач кафедри електричних мереж та систем ФЕА, к.т.н. Богомоловою О.С.

**Ухвалено** кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол №13 від 20.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету <sup>1</sup>(протокол №10 від 22.06.2023 р)

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін