



# Синтез надійності систем енергетики

## 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 «Синтез надійності систем енергетики» 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.

### **Уміння:**

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.

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.

- проектування електричних та теплових мереж з заданим рівнем надійності;

- використання ефективних способів підвищення надійності елементів енергетичних систем;

- оцінювання похибок і достовірності отриманих результатів, їх критичного осмислення при прийнятті відповідальних рішень.

## **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», «Вступ до спеціальності», «Математичні задачі енергетики», «Технологія виробництва електричної енергії», «Електричні мережі та системи».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна передбачає наступні **теми лекційних занять**:

1. Основні терміни та визначення теорії надійності.
2. Фізична сутність відмов електроустаткування. Математичні моделі відмов
3. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики та їх застосування у розрахунках надійності
4. Математичні моделі відмов та відновлення елементів електроенергетичних систем
5. Методи розрахунку надійності електроенергетичних систем
6. Властивість надійності електроенергетичних систем
7. Режимна надійність при оперативному керуванні.
8. Визначення границі динамічної надійності ЕЕС.
9. Керований поділ ЕЕС при системних аваріях.
10. Прогнозування активних та реактивних навантажень вузлів регіональної ЕЕС із застосування штучного інтелекту .
11. Синтез електроенергетичних систем за рівнем надійності
12. Балансова надійність
13. Методи та моделі оцінки балансової надійності ЕЕС.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна література

1. Казанський С. В. Надійність електроенергетичних систем : навч. посіб. / С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, Б. М. Сердюк. – Київ.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с. – ISBN 978-966-622-453-1.
2. ДСТУ 2862-94. Методи розрахунку показників надійності техніки. Загальні вимоги [Текст]: Видання офіційне. – К.: Держстандарт України, 1995. – 38 с
3. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем. Практикум. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». - 2020 р. – 67 с.
4. ДСТУ 2864-94. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності [Текст]: Видання офіційне. – К.: Держстандарт України, 1995. – 31 с.
5. Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів: навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. 160 с
6. Кутін В.М. Діагностика електрообладнання: навчальний посібник /В. М. Кутін, М.О. Ілюхін, М.В. Кутіна. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 161 с.

##### Додаткова література

1. Щербовських С. В. Математичні моделі та методи для визначення характеристик надійності багатотермінальних систем із урахуванням перерозподілу навантаження: монографія / С. В. Щербовських. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. — 296 с. — ISBN 978-617-607-272-0.
2. ГНД 34.09.453-2003 Розрахунок показників надійності для електростанцій, теплових мереж та енергокомпаній. Методика. Затв. Наказом Мінпаливенерго України від 23.12.2003 р. № 782. – Київ : ОЕП «ГРІФРЕ», 2004. – 42 с
3. Кучерук В.Ю. Елементи теорії побудови систем технічного діагностування електромоторів. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМВінниця, 2003. – 195 с.
4. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище. Затв. Наказом Міненерговугілля України від 04.08.2014 р. № 543. – Київ : НТЦЕ НЕК «Укренерго», 2014. – 64 с.
5. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник / О.В. Губаревич. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.

#### Навчальний контент

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

##### Лекції

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

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

##### 2. Фізична сутність відмов електроутрачування. Математичні моделі відмов

Концепція відмови. Причини відмов основних елементів електроенергетичних систем та мереж: повітряних ліній електропередачі, кабельних ліній електропередачі, трансформаторів, комутаційних апаратів, пристроїв релейного захисту та автоматики.

##### 3. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики та їх застосування у розрахунках надійності

Основні поняття теорії ймовірностей. Подія. Імовірність події. Класифікація випадкових подій. Основи теорії множин. Алгебра подій. Аксиоми теорії ймовірностей. Основні закони та

правила теорії ймовірностей. Формула повної ймовірності та формула Байєса. Випадкові величини та його характеристики. Закони розподілу випадкових величин, які у теорії надійності. Випадкові процеси. Марківські процеси, як моделі функціонування елементів систем електропостачання. Пуассонівський процес та його застосування для опису імовірнісних характеристик відмов та відновлення елементів систем електропостачання.

#### **4. Математичні моделі відмов та відновлення елементів електроенергетичних систем**

Показники надійності елементів і систем, що не відновлюються і відновлюються. Комплексні показники надійності елементів електричних систем, що відновлюються. Процеси відмов та відновлення одноелементної схеми Процеси відмов та відновлення в найпростіших і складніших системах. Принципи складання систем диференціальних рівнянь для опису процесів відмов та відновлення елементів та систем. Прийоми формалізації для формування систем диференціальних рівнянь. Асимптотичні методи під час аналізу надійності найпростіших систем. Моделі процесів навмисних відключень, ремонтних станів у реальних системах електропостачання. Асимптотичні методи при аналізі надійності найпростіших та найскладніших систем

#### **5. Методи розрахунку надійності електроенергетичних систем**

Практичні методи розрахунку надійності схем електричних з'єднань при послідовному, паралельному та послідовно-паралельному з'єднанні елементів у системі. Основні прийоми та методи структурного аналізу при розрахунках надійності електроенергетичних систем. Метод мінімальних шляхів та перерізів. Методи визначення мінімальних шляхів та перерізів щодо розрахункових об'єктів (вузлів навантаження, вузлів генерації, передавальних елементів) в електроенергетичних системах. Поняття про основні та додаткові перерізи. Складання розрахункових схем щодо надійності електроенергетичних систем та мереж з урахуванням оперативних перемикань. Поняття про структурну та функціональну надійність. Методи обліку обмежень пропускної спроможності елементів та його груп під час аналізу структурної та функціональної надійності. Використання інтегральних характеристик режимів для розрахунків показників надійності.

#### **6. Властивість надійності електроенергетичних систем**

Характеристика властивості надійності ЕЕС, адекватність та оперативна надійність. Задачі аналізу та синтезу надійності ЕЕС.

#### **7. Режимна надійність при оперативному керуванні.**

Задачі забезпечення статичної режимної надійності ЕЕС.

#### **8. Визначення границі динамічної надійності ЕЕС.**

Характеристика задачі. Методи вибору оптимальної комбінації вхідних параметрів моделі для оцінки межі динамічної надійності ЕЕС. Метод дивергенціх. Нелінійний аналіз головних компонент. Алгоритм визначення наближення поточного режиму ЕЕС до межі динамічної надійності.

#### **9. Керований поділ ЕЕС при системних аваріях.**

Проблема відновлення ЕЕС при системних аваріях. Кероване ділення ЕЕС при системній аварії.

#### **10. Прогнозування активних та реактивних навантажень вузлів регіональної ЕЕС із застосування штучного інтелекту .**

Підходи до прогнозування активних та реактивних навантажень. Врахування статичних характеристик за напругою. Застосування нейронних мереж до прогнозування.

**11. Синтез електроенергетичних систем за рівнем надійності**

Основні прийоми синтезу схем електричних з'єднань із заданим рівнем надійності. Вимоги нормативних матеріалів, що висуваються до рівня надійності електроенергетичних систем та мереж. Відомості про сучасні методи розрахунку надійності. Вплив принципів побудови та особливостей управління електроенергетичними системами на рівень надійності електропостачання споживачів.

**12. Балансова надійність**

Задачі забезпечення балансової надійності. Внесок генеруючого та мережевого обладнання в балансову складову системної надійності. Визначення «вузьких» місць з точки зору надійності.

**13. Методи та моделі оцінки балансової надійності ЕЕС.**

Модель формування випадкових станів системи. Модель оцінки випадкового стану системи. Показники балансової надійності. Забезпечення потрібного рівня резервування.

**6. 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****7. 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 кожну 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.

### **8. 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 силабусу.

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.*

<i>Тест (3*10)</i>	<i>МКР (4x15)</i>	<i>Заохочення</i>
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.*

### **9. 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