

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету електроенерготехніки та  
автоматики

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Декан ФЕА \_\_\_\_\_ Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

м.п.

## **ПРОГРАМА**

**комплексного атестаційного екзамену**

здобувачів вищої освіти

освітнього ступеню *«бакалавр»*

за освітньо-професійною програмою

*«Управління, захист та автоматизація енергосистем»*

спеціальності *141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Розроблено та рекомендовано

кафедрою автоматизації енергосистем

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

В.о. завідувача кафедри \_\_\_\_\_ Олександр ДМИТРЕНКО

Київ – 2022

## ПРЕАМБУЛА

Програма комплексного атестаційного екзамену складена для проведення атестації студентів (здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр») з метою встановлення відповідності здобутих ними компетентностей та результатів навчання за освітньо-професійною програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» вимогам стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, зокрема

### компетентності:

- здатність застосовувати знання на практиці;
- здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації;
- здатність приймати обґрунтовані рішення;
- здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високої напруги;
- здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілу електричної енергії;
- здатність розуміти особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії;
- здатність правильно формулювати та розв'язувати математичні задачі в галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- здатність оптимального вибору засобів регулювання режимних параметрів електричних мереж та систем та особливостей розрахунку їх параметрів;
- здатність оцінювати показники надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем;
- здатність проводити оптимізацію параметрів усталених режимів електричних мереж та електроенергетичних систем із застосуванням новітніх методів та засобів;
- здатність виконувати проектні роботи у галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- здатність застосовувати сучасні наукові підходи та експериментальну базу для проведення досліджень в галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- здатність виконувати моделювання та розрахунок параметрів об'єктів та процесів в електричних мережах та електроенергетичних системах за допомогою математичного апарату;
- здатність виконувати розрахунки з метою перевірки елементів конструкції повітряних ліній електропередавання на міцність;
- здатність виконувати інженерні розрахунки та вирішувати проектно-конструкторські завдання в галузі електротехніки, електричних мереж та електроенергетичних систем;

### ЗНАННЯ:

- правил безпечної експлуатації електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання;

- чинних стандартів, нормативно-правових актів та правил, згідно з якими в Україні провадиться діяльність в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- правил безпечної експлуатації електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання;
- положень Енергетичної стратегії України та принципів енергетичної безпеки;
- ефективних способів та підходів, спрямованих на підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання та відповідних комплексів і систем;
- особливостей функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії;
- положень теорії ймовірності, диференціального числення та теорії стійкості у застосуванні до задач у галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- основних положень теорії автоматичного керування у застосуванні до задач у галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- особливостей застосування різних способів регулювання параметрів ustalених режимів електричних мереж та електроенергетичних систем;
- принципів розрахунку та способи підвищення показників надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем;
- особливостей практичної реалізації методів оптимізації параметрів ustalених режимів електричних мереж та електроенергетичних систем;
- особливостей технології виробництва електроенергії на електричних станціях різних типів;
- наукових підходів до проведення теоретичних та прикладних досліджень у галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- способів моделювання та розрахунку параметрів об'єктів та процесів в електричних мережах та електроенергетичних системах за допомогою математичного апарату;
- нормативної бази та принципів виконання розрахунків з метою перевірки елементів конструкції повітряних ліній електропередавання на міцність;
- особливостей використання сучасних спеціалізованих програмних комплексів з метою виконання інженерних розрахунків та вирішення проектно-конструкторських завдань в галузі електротехніки, електричних мереж та електроенергетичних систем;

уміння:

- проводити аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах;
- оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;
- комбінувати методи емпіричного і теоретичного дослідження для пошуку шляхів зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні;

- винаходити нові шляхи вирішення проблеми економічного перетворення, розподілення, передачі та використання електричної енергії;
- аналізувати функціональні та режимні зв'язки між обладнанням електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії;
- застосовувати положення теорії ймовірності, диференціального числення та теорії стійкості під час практичного розв'язання задач у галузі електричних мереж та електроенергетичних систем;
- визначати параметри налаштувань обладнання з метою регулювання параметрів усталених режимів електричних мереж та електроенергетичних систем;
- розраховувати показники надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем;
- обирати відповідні засоби та визначати параметри їх налаштування з метою оптимального регулювання параметрів усталених режимів електричних мереж та електроенергетичних систем;
- здійснювати проектну роботу в галузі електричних мереж та електроенергетичних систем із дотриманням вимог чинних нормативних документів та виконувати відповідне техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень;
- визначати склад обладнання електричних станцій різних типів та основні функціональні зв'язки між ним;
- складати схеми заміщення та розраховувати значення ударного та усталеного струму короткого замикання на об'єктах електричних мереж та електроенергетичних систем для різних типів пошкоджень;
- створювати математичні моделі електроенергетичного обладнання та визначати режимні параметри процесів, які мають місце в електричних мережах та електроенергетичних системах, за допомогою математичного апарату;

Для перевірки вищезазначених результатів до програми комплексного атестаційного екзамену включено питання з таких навчальних дисциплін:

1. Математичні задачі енергетики
2. Релейний захист електричних систем
3. Теорія автоматичного керування

Також програма включає науково-практичну складову яка базується на результатах виконання індивідуального завдання на переддипломну практику здобувача.

Розробники програми:

МАРЧЕНКО А.А, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації енергосистем

ХОМЕНКО О.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації енергосистем

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

Комплексний атестаційний іспит кваліфікації першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка направлений на виявлення знань та навичок зі спеціальності для присвоєння кваліфікації бакалавра випускникам освітньої програми.

Атестаційний екзамен проводиться з використанням технологій дистанційного навчання в середовищі Google Meet із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту. Порядок проведення екзамену відповідає Регламенту організації і проведення захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі та Регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/148>).

Екзамени складаються здобувачами згідно з затвердженим розкладом. Відхилення від розкладу екзаменів неприпустимо.

Перед атестаційним екзаменом обов'язково проводиться консультація зі здобувачами в онлайн режимі, під час якої науково-педагогічні працівники мають довести до відома здобувачів:

- чіткий і зрозумілий алгоритм дистанційного проведення екзамену, критерії оцінювання, спосіб зв'язку та інформаційні засоби і середовища, які будуть застосовані під час проведення контрольного заходу;
- спосіб контролю за дотриманням здобувачами вимог академічної доброчесності та наслідки порушення ними даних вимог.

Обов'язковою частиною консультації є відповіді на запитання здобувачів як щодо навчального матеріалу, так і щодо процедури проведення екзамену.

Посилання на відеоконференцію для проведення атестаційного екзамену створюється напередодні та розсилається всім учасникам (екзаменаторам та здобувачам) через відповідні інформаційні канали, наприклад, через telegram.

Екзаменаційна комісія зобов'язана забезпечити надійну ідентифікацію (встановлення достовірності особи) здобувача вищої освіти. В іншому разі, здобувач вважається таким, що не з'явився на атестаційний екзамен. Ідентифікація здобувача може здійснюватися, наприклад, шляхом демонстрації екзаменаторові через засоби відеозв'язку своєї залікової книжки або іншого документу, що посвідчує особу.

На комплексному атестаційному екзамені здобувачі виконують письмову контрольну роботу. Загальний час, який виділяється на рукописне виконання завдань екзаменаційного білету складає 90 хвилин. Протягом всього часу підготовки відповідей на питання екзаменаційного білету у здобувача має бути постійно увімкнена камера. За 3-5 хвилин до закінчення екзамену здобувач повинен підписати кожний аркуш, зробити фотокопію своєї роботи та переслати її до встановленого часу на електронну пошту екзаменаційної комісії або в інший встановлений спосіб. Після надсилання фотокопій письмових робіт екзаменаційна комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критеріями оцінювання.

Розклад роботи екзаменаційної комісії та проведення атестаційного екзамену:

- 21 червня 2022 року о 10:00 для студентів груп ЕК-81, ЕК-п91, ЕК-зп91;
- 23 червня 2022 року о 10:00 для всіх здобувачів, у кого виникли технічні проблеми під час першої спроби, або через інші причини, зумовлені воєнним станом в Україні.

Кожен екзаменаційний білет містить чотири теоретичні питання: три питання за матеріалами базових дисциплін освітньої програми та одне питання з науково-практичної складової відповідно до індивідуального завдання.

Для уникнення завчасної підготовки відповідей здобувачами порядок проведення атестаційного іспиту передбачає виконання додаткового завдання – написати у тексті відповіді певне кодове слово, про яке здобувачів освіти повідомляють під час іспиту.

## **ПЕРЕЛІК ТЕМ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА КОМПЛЕКСНИЙ АТЕСТАЦІЙНИЙ ЕКЗАМЕН**

### *Навчальна дисципліна «Математичні задачі енергетики»*

#### *РОЗДІЛ 1. Моделювання і аналіз усталених режимів електроенергетичних систем (ЕЕС)*

**Тема 1.1.** Моделювання електроенергетичних систем.

Моделювання ЕЕС. Загальні положення. Поняття моделі. Види моделей. Об'єкт моделювання ЕЕС. Етапи побудови моделей ЕЕС. Структура моделі ЕЕС.

**Тема 1.2.** Розрахункові схеми електричних мереж.

Основні елементи електричних мереж та схеми їх заміщення. Загальні визначення і припущення. Схеми заміщення ЛЕП, трансформаторів, вузлів генерації і навантаження, комутаційних апаратів.

Визначення параметрів схем заміщення. Схеми заміщення електричної мережі. Розрахункова схема електричної мережі. Параметри режиму при моделюванні елементів електричної мережі.

**Тема 1.3.** Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі.

Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі. Основні задачі. Вихідні дані та результати обчислень. Аналіз вхідної та вихідної інформації.

**Тема 1.4.** Рівняння усталеного режиму електричної мережі.

Рівняння усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей. Вихідні положення. Виведення рівнянь усталеного режиму. Варіанти запису рівнянь усталеного режиму. Рівняння усталеного режиму у формі з розділенням комплексів в полярній системі координат. Рівняння усталеного режиму у прямокутній системі координат. Приклади.

Системи рівнянь усталеного режиму. Матрична форма запису системи рівнянь усталеного режиму. Варіанти запису. Матриця провідностей і її властивості. Перетворення системи рівнянь. Приклади.

**Тема 1.5.** Прямі методи розв'язання систем лінійних рівнянь (СЛР) усталеного режиму.

Методи розв'язання систем лінійних рівнянь усталеного режиму. Розв'язання СЛР методами упорядкованого виключення невідомих (метод Гауса). Приклади розв'язання систем рівнянь.

Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму методом подвійної факторизації. Приклади розв'язання систем рівнянь.

Обернення матриці коефіцієнтів системи рівнянь усталеного режиму. Приклади.

**Тема 1.6.** Ітераційні методи розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму.

Загальна характеристика ітераційних методів. Збіжність методів. Перетворення вихідної системи рівнянь. Узагальнений алгоритм ітераційних методів.

Методи ітерації. Розв'язання систем нелінійних рівнянь ustalеного режиму ітераційним методом Зейделя. Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.

**Тема 1.7.** Розв'язання рівнянь ustalеного режиму методом Ньютона - Рафсона.

Методи Ньютона і Ньютона-Рафсона. Загальна постановка задачі. Суть методів. Виведення основних співвідношень. Загальний алгоритм методів.

Формування систем рівнянь ustalеного режиму для розв'язання методом Ньютона-Рафсона. Рівняння ustalеного режиму у формі нев'язок. Структура лінеаризованих систем рівнянь. Матриця Якобі і формули для обчислення її елементів.

Застосування методу Ньютона-Рафсона для розв'язання системи рівнянь ustalеного режиму. Загальний алгоритм обчислень. Вхідні і вихідні дані. Приклади. Організація обчислення ustalеного режиму електричної мережі методом Ньютона-Рафсона.

**Тема 1.8.** Обчислення параметрів режиму електричної мережі.

Заключні обчислення параметрів режиму електричної мережі. Обчислення струмів і потоків потужностей у ділянках, ін'єкцій струмів і потужностей у вузлах електричної мережі. Обчислення втрат потужності. Баланс потужностей.

## *РОЗДІЛ 2. Оптимізація режимів роботи електроенергетичних систем.*

**Тема 2.1.** Задачі оптимізації режимів ЕЕС.

Основні задачі оптимального управління електроенергетичними системами. Основні визначення. Екстремуми функцій. Чисельні методи оптимізації. Градієнтні методи оптимізації. Методи покоординатної оптимізації.

**Тема 2.2.** Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС.

Математичні моделі оптимізації режимів електроенергетичних систем. Загальні положення. Постановка задачі оптимізації режиму. Критерій оптимізації, цільова функція. Залежні і незалежні параметри режиму. Управляючі параметри. Приклади.

**Тема 2.3.** Обмеження при оптимізації ustalених режимів ЕЕС.

Обмеження при оптимізації ustalеного режиму. Загальні положення. Обмеження у вигляді рівнянь і у вигляді нерівностей. Приклади.

Урахування обмежень у вигляді рівнянь. Метод Лагранжа.

Урахування обмежень у вигляді нерівностей. Метод штрафних функцій. Штрафні функції. Приклади.

**Тема 2.4.** Методи оптимізації режимів енергосистем.

Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа. Постановка задачі. Основні співвідношення. Алгоритм. Приклад розв'язання задачі оптимізації розподілу активних потужностей методом Лагранжа.

Методи визначення відносних приростів втрат потужностей.

Застосування градієнтних методів для оптимізації режимів енергосистем. Основні визначення градієнтних методів. Загальні положення. Градієнтний метод оптимізації режимів. Загальний алгоритм метода. Графічна інтерпретація.

Визначення складових вектора-градієнта.

Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом.

Урахування обмежень у формі рівнянь в градієнтних методах. Метод приведенного градієнту.

## *Навчальна дисципліна «Теорія автоматичного керування»*

### *РОЗДІЛ 1. Лінійні неперервні АСР*

**Тема 1.1.** Загальні відомості про системи управління.

Принципи управління.

Принцип компенсації (принцип управління по збуренню). Принцип розімкненого управління. Принцип зворотного зв'язку (принцип управління по відхиленню). Принцип комбінованого управління. Принцип адаптації.

Класифікація САУ: за принципом дії, за видом вхідного впливу, за математичним описом, за характером передачі сигналів, за реакцією системи на вхідний вплив, за видом задіяної енергії.

**Тема 1.2.** Математичний опис елементів і систем управління.

Лінеаризація диференціальних рівнянь. Форми запису лінеаризованих рівнянь.

**Тема 1.3.** Динамічні ланки та їх характеристики.

Характеристики лінійних ланок. Перехідна функція ланки. Частотні характеристики ланки. Амплітудно-фазова частотна характеристика. Амплітудно-частотна характеристика. Логарифмічні частотні характеристики. Аперіодична (інерційна) ланка першого порядку

Типові динамічні ланки та їх характеристики. Безінерційна (ідеальна підсилювальна) ланка. Аперіодична (інерційна) ланка другого порядку. Коливальна ланка. Консервативна ланка. Інтегруюча ланка. Диференціальна ланка.

**Тема 1.4.** Математичне моделювання автоматичних систем. Перетворення структурних схем об'єктів регулювання.

**Тема 1.5.** Основні лінійні закони регулювання.

**Тема 1.6.** Стійкість АСР, Кореневі, алгебраїчні, частотні критерії.

**Тема 1.7.** Оцінка якості АСР. Основні критерії для статичних та астатичних систем.

**Тема 1.8.** Аналіз систем у просторі станів. Опис систем у просторі станів. Характеристики систем у просторі станів.

### *РОЗДІЛ 2. Нелінійні та дискретні системи з цифровими регуляторами*

**Тема 2.1.** Нелінійні системи.

Характеристики нелінійних елементів. Аналіз нелінійних систем методом гармонічного балансу. Аналіз нелінійних систем за фазовими траєкторіями.

**Тема 2.2.** Математичні основи теорії дискретних АСР.

Імпульсний елемент. Дискретні сигнали. Решітчаста функція.

**Тема 2.3.** Цифрові регулятори.

Канал дискретного перетворення сигналу. Аналого-цифровий перетворювач. Дельта-імпульсний модулятор. Цифро-аналоговий перетворювач. Демодулятор.



**Тема 2.4.** Структурна схема дискретної АСР з цифровим регулятором.

**Тема 2.5.** Передатні функції дискретної АСР з цифровим регулятором.

**Тема 2.6.** Критерії якості дискретних АСР з цифровими регуляторами.

**Тема 2.7.** Стійкість імпульсних систем. Критерії оцінки. Умови використання критеріїв Гурвіца та Михайлова для оцінки стійкості.

**Тема 2.8.** Перехідні процеси у дискретних АСР з цифровими регуляторами. Вплив періоду квантування.

### ***Навчальна дисципліна «Релейний захист електричних систем»***

**Тема 1.** Призначення релейного захисту. Основні вимоги до системи релейного захисту. Етапи розвитку.

**Тема 2.** Пошкодження і ненормальні режими в електричній частині енергосистеми. Векторні діаграми коротких замикань.

**Тема 3.** Інформація, що використовується в процесі функціонування систем релейного захисту, її особливості, характер змін.

**Тема 4.** Загальна структура систем релейного захисту. Джерела оперативного струму. Елементна база приладів релейного захисту.

**Тема 5.** Вимірювальні трансформатори струму, принципи дії, основні параметри. Схеми з'єднання трансформаторів струму в трифазних системах змінного струму, особливості їх роботи при різних видах КЗ.

**Тема 6.** Фільтри симетричних складових струму. Робота трансформаторів струму в перехідних режимах. Похибки, схема заміщення, характеристика намагнічування трансформаторів струму.

**Тема 7.** Вимірювальні трансформатори напруги, принцип дії, основні параметри. Схеми з'єднання. Ємнісні дільники напруги. Фільтри симетричних складових напруги. Похибки, схема заміщення трансформаторів напруги. Пошкодження у вторинних колах вимірювальних трансформаторів напруги і контроль їх працездатності.

**Тема 8.** Максимальний захист за струмом (МЗС). Принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Максимальний захист за струмом з блокуванням мінімальної напруги.

**Тема 9.** Відсічка за струмом, принцип дії, відмінності від МЗС, призначення. Розрахунок параметрів спрацювання. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Сумісне використання відсічки за струмом і МЗС. Відсічка за струмом на лініях з двостороннім живленням.

**Тема 10.** Направлені максимальні захисти за струмом (МНЗС). Принципи дії, забезпечення селективності. Реле направлення потужності (KW). Схеми включення реле направлення потужності. Поведінка реле направлення потужності в непошкоджених фазах. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації МНЗС, переваги та недоліки, область використання.

**Тема 11.** Поведінка реле направлення потужності в непошкоджених фазах. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації МНЗС, переваги та недоліки, область використання.

**Тема 12.** Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з заземленою нейтраллю. Максимальний захист за струмом нульової послідовності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Максимальний направлений захист за струмом нульової послідовності (МНЗСНП). Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

**Тема 13.** Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллями. Основні вимоги до захисту. Принципи виконання захистів від замикання на землю в мережах з малими струмами замикання на землю. Трансформатор струму нульової послідовності.

**Тема 14.** Дистанційні захисти. Призначення і принцип дії. Характеристики витримок часу дистанційних захистів. Елементи дистанційних захистів і їх взаємодія. Характеристика спрацювання реле опору (KZ) в комплексній площині. Блокування дистанційних захистів при коливаннях в електричній системі. Блокування дистанційних захистів при пошкодженні в колах напруги. Розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності дистанційного захисту. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

## **ПЕРЕЛІК ТЕМ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ КОМПЛЕКСНОГО АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ**

Науково-практична складова комплексного атестаційного екзамену базується на результатах виконання індивідуального завдання на переддипломну практику здобувача. Орієнтовний перелік тем індивідуальних завдань:

- Автоматичне регулювання напруги та реактивної потужності в енергосистемі;
- Лінійний перетворювач мікропроцесорних пристроїв релейного захисту. Призначення та різновиди
- Організація збору оперативної інформації на підстанції
- Засоби захисту та автоматики на підстанції
- Якість електропостачання та якість електроенергії
- Організація «інтелектуального» обліку електричної енергії підстанції
- Функції накопичувачів електричної енергії в ОЕС України
- Регулювання напруги в електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії
- Підвищення ефективності електричних мереж на базі використання пристроїв силової електроніки
- Альтернативні відновлювальні та невідновлювальні джерела в енергетичних системах
- Оптиміальне секціонування розподільних електричних мереж
- Баланс потужності та енергії в енергетичних системах
- Програмні засоби моделювання та розрахунку режимів районних електричних мереж
- Переваги та недоліки мікропроцесорних пристроїв релейного захисту у порівнянні з традиційними.
- Мікропроцесорний блок пристроїв релейного захисту. Призначення та різновиди
- Блоки входів/виходів мікропроцесорних пристроїв релейного захисту. Призначення та різновиди

- Оптимізація режимів роботи електромережі;
- Інформаційний зв'язок пристроїв РЗА та систем АСУ підстанції
- Система моніторингу якості електроенергії на підстанції
- Автоматичне регулювання швидкості обертів агрегату генератор-турбіна електростанції
- Оптимізація реактивних потужностей електричної мережі

## • ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

### НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ» ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Управління, захист та автоматизація енергосистем

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1**

*комплексного атестаційного екзамену  
на здобуття освітнього ступеню бакалавра  
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

1. Схеми заміщення основних елементів ЕЕС
2. Основні лінійні закони регулювання
3. Схеми включення реле направлення потужності
4. Індивідуальне завдання

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації енергосистем,  
протокол № \_\_ від \_\_. \_\_. 2022 р.

В.о. завідувача кафедри АЕ

Олександр ДМИТРЕНКО

### **КРИТЕРІЇ ТА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ**

Рейтингову систему оцінювання комплексного атестаційного екзамену складено відповідно до вимог Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/37>).

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні питання: два питання за матеріалами базових дисциплін освітньої програми та одне питання з наукової складової відповідно до індивідуального завдання.

У відповіді на кожне теоретичне питання студент повинен продемонструвати знання теорії дисципліни та понятійно-категоріального апарату, термінології, понять і принципів предметної області дисципліни. Відповідь студент повинен викладати чітко, логічно, послідовно, формули писати правильно. У відповідях на теоретичні завданнях екзаменаційного білета оцінюють:

- повноту розкриття питання;
- уміння чітко формулювати визначення понять/термінів та пояснювати їх;
- здатність аргументувати відповідь;
- аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків;
- акуратність оформлення письмової роботи.

Відповідь на кожне питання оцінюється у 25 балів,  
повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 23-24 (25) бали;

- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 19-22 бали;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 15-18 бали;
- незадовільна відповідь (не відповідає вищезазначеним вимогам) – 0 балів.

Сума балів за відповіді на питання екзаменаційного білету переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

### **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОМПЛЕКСНОГО АТЕСТАЦІЙНОГО ІСПИТУ**

1. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндульський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 102 с. – Бібліогр.: с. 92 – 102. українською мовою; № протоколу метод. ради 5; дата 11.04.2016. Гриф надано Вченою радою НТУУ "КПІ" (Протокол № 5 від 11.04.2016 р.). <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600>
2. Математичне моделювання систем та процесів. Математичне забезпечення мікропроцесорних пристроїв релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндульський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 59 с. – Бібліогр.: с. 56 – 59. українською мовою; № протоколу метод. ради 5; дата 11.04.2016. Гриф надано Вченою радою НТУУ "КПІ" (Протокол № 5 від 11.04.2016 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16601>
3. Хоменко О.В. Математичні задачі енергетики. Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем (Електронне видання): навч. посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Управління, захист та автоматизація енергосистем»/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: ОВ Хоменко.- Електронні текстові дані (1 файл: 2,76 Мбайт).–Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016.– 109 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 25.04. 2019 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 9 від 11.04. 2019 р.).
4. Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Математичні задачі енергетики. Частина 1» [Електронне видання] для студентів освітнього ступеню «бакалавр» спеціальності 141

- «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізація «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» / Укл.: О.В. Хоменко, В.С. Гулий. - К.: НТУУ «КПІ», 2017. - 90 с.
5. Теорія автоматичного керування. Дослідження системи автоматичного регулювання. Курсова робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» / А. А. Марченко, В. С. Гулий, Д. В. Настенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,23 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 31 с. –
  6. Anderson P. M. Power System Control and Stability / P. M. Anderson, A. A. Fouad. – Wiley-IEEE Press, 2002. – 672 pp
  7. Bayliss C. Transmission and Distribution Electrical Engineering / Colin Bayliss, Brian Hardy. – Elsevier, 2006. – 1040 pp
  8. Beaty H. W. Handbook of Electric Power Calculations / H.Wayne Beaty. – McGRAW-HILL, 2000. – 608 pp
  9. Das D. Electrical Power Systems / D. Das. – New Delhi: New Age International Publishers, 2006. – 470 pp
  10. Glover J. D. Power System Analysis and Design / J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, Thomas Overbye. – Cengage Learning, 2012. – 782 pp
  11. Grigsby L. L. Power System Stability and Control / Leonard L. Grigsby. – CRC Press, 2012. – 450 pp
  12. Grigsby L. L. Power Systems / Leonard L. Grigsby. – CRC Press, 2012. – 556 pp
  13. Sarma M. S. Power Quality: VAR Compensation in Power Systems / S. R. Vedam, M. S. Sarma. – CRC Press, 2008. – 304 pp

Розробники програми:

доц. к.т.н.

Анатолій МАРЧЕНКО

доц. к.т.н.

Олег ХОМЕНКО