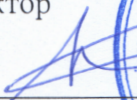


*Затверджую*

Голова Приймальної комісії  
Ректор



*підпис*

Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ



## Факультет електроенерготехніки та автоматики

*повна назва факультету/навчально-наукового інституту*

### ПРОГРАМА фахового іспиту

для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра  
«Управління, захист та автоматизація енергосистем»

*за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

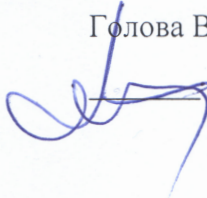
Програму ухвалено:

Вченою Радою Факультету

електроенерготехніки та автоматики

Протокол № 8 від «25» березня 2024 р.

Голова Вченої Ради



Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

## ВСТУП

Фаховий іспит на підготовку здобувачів освітньо-професійного рівня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спрямований на перевірку відповідності знань та навичок рівню, необхідному для навчання на другому (магістерському) рівні вищої освіти.

Програма фахового іспиту передбачає перевірку набуття вступником компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Програма фахового іспиту визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного іспиту на підготовку здобувачів за освітньо-професійною програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Фаховий іспит проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення іспиту відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» ("<https://osvita.kpi.ua/node/148>").

# І ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

## 1.1 Зміст програми

На фаховий іспит виносяться наступні теми:

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

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.

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

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.

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.

Загальна характеристика ітераційних методів розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму. Збіжність методів. Перетворення вихідної системи рівнянь. Узагальнений алгоритм ітераційних методів. Методи ітерації. Розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму ітераційним методом Зейделя. Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.

Методи Ньютона і Ньютона-Рафсона. Загальна постановка задачі. Суть методів. Виведення основних співвідношень. Загальний алгоритм методів. Формування систем рівнянь усталеного режиму для розв'язання методом Ньютона-Рафсона. Рівняння усталеного 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 усталеного режиму. Загальний алгоритм обчислень. Вхідні і вихідні дані. Приклади. Організація обчислення усталеного режиму електричної мережі методом Ньютона-Рафсона.

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.

Задачі оптимізації режимів ЕЕС. Основні задачі оптимального управління електроенергетичним системами. Основні визначення. Екстремуми функцій. Чисельні методи оптимізації. Градієнтні методи оптимізації. Методи покоординатної оптимізації.

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

Обмеження при оптимізації усталеного 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.

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.

Поняття і визначення теорії ймовірностей. Випадкові події, величини, функції. Статистична ймовірність. Властивості ймовірності.

Незалежні випадкові події. Закони визначення ймовірності незалежних випадкових подій. Повна група подій. Приклади. Залежні випадкові події. Умовна ймовірність. Закони визначення ймовірності залежних випадкових подій. Приклади.

Випадкові величини. Види випадкових величин. Числові характеристики дискретних випадкових величин. Математичне очікування і його властивості. Приклади. Випадкові величини. Дисперсія дискретної випадкової величини та її властивості. Середньоквадратичне

відхилення. Момент випадкової величини. Початковий та центральний моменти. Приклади. Завдання дискретної випадкової величини. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона.

Функція розподілу ймовірностей випадкової величини. Визначення. Властивості. Графік функції. Приклади. Щільність розподілу ймовірностей випадкової величини. Визначення. Властивості. Приклади. Числові характеристики безперервних випадкових величин.

Закон рівномірного розподілу ймовірностей. Визначення. Аналітичне подання. Графік. Властивості. Числові характеристики. Приклади. Нормальний розподіл ймовірностей. Визначення. Аналітичне подання. Графік. Властивості. Правило "трьох сигм". Приклади. Показовий розподіл ймовірностей. Аналітичне подання. Графік. Числові характеристики. Показовий закон надійності.

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.

Математичний опис елементів і систем управління. Лінеаризація диференціальних рівнянь. Форми запису лінеаризованих рівнянь.

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.

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

Основні лінійні закони регулювання.

Стійкість АСР, Кореневі, алгебраїчні, частотні критерії.

Оцінка якості АСР. Основні критерії для статичних та астатичних систем.

Аналіз систем у просторі станів. Опис систем у просторі станів. Характеристики систем у просторі станів.

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

Математичні основи теорії дискретних АСР. Імпульсний елемент. Дискретні сигнали.

Решітчаста функція.

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

Структурна схема дискретної АСР з цифровим регулятором.

Передатні функції дискретної АСР з цифровим регулятором.

Критерії якості дискретних АСР з цифровими регуляторами.

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

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

Призначення релейного захисту. Основні вимоги до системи релейного захисту. Етапи розвитку.

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

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

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

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

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

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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.

## **1.2 Допоміжні матеріали для складання фахового іспиту**

Під час складання фахового іспиту заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.



### 1.3 Опис завдання фахового іспиту

На фаховому іспиті вступники виконують письмову екзаменаційну роботу за індивідуальними варіантами.

Кожен варіант завдання містить три теоретичні питання, зазначеними в п. 1.1.

### 1.4 Критерії оцінювання фахового іспиту

Рейтингову систему оцінювання фахового іспиту складено відповідно до вимог чинної редакції «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/37>).

У письмовій відповіді на теоретичні питання фахового іспиту вступник має продемонструвати знання теорії, понятійно-категоріального апарату, термінології, принципів предметної області дисципліни. Відповіді вступник повинен викладати чітко, логічно та послідовно.

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 питання №1 екзаменаційного білету оцінюється максимально у 34 бали, на питання №2 та питання № 3 – максимально у 33 бали. Критерії оцінювання відповіді на питання екзаменаційного білету є такими:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31...33 (34) бали;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24...30 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19...23 бали;
- незадовільна відповідь (не відповідає вищезазначеним вимогам) – 0 балів.

Загальний бал вступника за результатами фахового іспиту визначається як сума балів, отриманих вступником за відповідь на кожне з питань екзаменаційного білету.

З метою обчислення конкурсного балу вступника в Єдиній державній електронній базі з питань освіти сумарний бал, отриманий вступником за РСО (60...100 балів), має бути переведений на бали шкали ЄДЕБО (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:



Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)  
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

### 1.5 Приклад типового завдання фахового іспиту

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень  
Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – «Управління, захист та автоматизація енергосистем»

*Фаховий іспит для вступу на освітньо-професійну програму підготовки  
магістра*

### ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Випадкові величини. Види випадкових величин. Числові характеристики дискретних випадкових величин. Математичне очікування і його властивості. Приклади.
2. Розрахунок відлагоджень лінійних неперервних одноконтурних АСР.
3. 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.

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації енергосистем  
Протокол № 8 від «22» лютого 2024 р.

В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Анатолій МАРЧЕНКО

## II ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

### Порядок проведення фахового іспиту

Фаховий іспит проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення іспиту відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

Фаховий іспит складається вступниками згідно із затвердженим розкладом. Відхилення від розкладу неприпустимо.

У разі проведення іспиту в дистанційній формі напередодні у GoogleClassRoom зараховуються всі вступники, відповідно до адрес електронної пошти, вказаних випускниками в особистих даних для приймальної комісії. Посилання на відеоконференцію (GoogleMeet) для проведення фахового іспиту використовується всередині GoogleClassRoom.

Атестаційна комісія зобов'язана забезпечити надійну ідентифікацію (встановлення особи) вступника. В іншому разі, вступник вважається таким, що не з'явився на фаховий іспит. Ідентифікація вступника може здійснюватися, наприклад, шляхом демонстрації екзаменаторові через засоби відеозв'язку свого паспорту або іншого документу, що посвідчує особу.

На фаховому іспиті вступники виконують письмову екзаменаційну роботу. Номери індивідуальних екзаменаційних білетів розподіляються між вступниками через генератор випадкових чисел і оголошуються за списком вступників через засоби відеозв'язку.

Для уникнення завчасної підготовки відповідей вступниками порядок проведення фахового іспиту передбачає написання на кожному аркуші екзаменаційної роботи певного кодового слова, яке вступникам повідомляють під час проведення випробування.

Загальний час, який виділяється на рукописне виконання завдань екзаменаційного білету, складає 90 хвилин. Час початку та час завершення іспиту оголошується членами атестаційної комісії. Протягом всього часу підготовки відповідей на питання екзаменаційного білету у здобувача має бути постійно увімкнена камера пристрою, за допомогою якого здійснюється відеозв'язок із екзаменатором.

За 3-5 хвилин до закінчення іспиту вступник повинен підписати кожний аркуш своєї екзаменаційної роботи, зробити їх фотокопію або сканкопію та завантажити її до встановленого часу як відповідь на завдання в GoogleClassRoom, або в інший встановлений екзаменаційною комісією спосіб.

Після отримання всіх фотокопій письмових робіт атестаційна комісія розпочинає їх перевірку. Оцінювання робіт здійснюється відповідно до рейтингової системи оцінювання (п. 1.5).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Математичні задачі енергетики. Частина 1: Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. І. Сікорського; укладач: О.В. Хоменко. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,473 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 108 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/49048>
2. Основи теорії ймовірностей та математичної статистики: навчальний посібник для студентів інженерно-технічних та прикладних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.П. Бабак, А.Я. Білецький, О.П. Приставка, П.О. Приставка. – Київ : КВІЦ, 2003. – 432 с.
3. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007.
4. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування: Підручник / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – 285 с.
5. 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. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600>
6. 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 – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16601>

Розробники програми:

Доцент кафедри  
автоматизації енергосистем

Доцент кафедри  
автоматизації енергосистем

Доцент кафедри  
автоматизації енергосистем



Анатолій МАРЧЕНКО

Олександр ДМИТРЕНКО

Олег ХОМЕНКО

Укладач програми:

Старший викладач кафедри  
автоматизації енергосистем



Дарина ЛАВРЕНОВА

Програму рекомендовано:  
кафедрою автоматизації енергосистем  
Протокол № 8 від «22» лютого 2024 р.

В.о. завідувача кафедри



Анатолій МАРЧЕНКО