



Затверджую

Голова Приймальної комісії

Розглянуто

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

28.03.2025
дата

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 G3 Електрична інженерія

Програму ухвалено:

Вченою Радою Факультету

електроенерготехніки та автоматики

Протокол № 9 від «24» лютого 2025 р.

Голова Вченої Ради

Василь БУДЬКО

ВСТУП

Програма фахового іспиту визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного фахового іспиту на освітньо-професійну програму підготовки магістра «Управління, захист та автоматизація енергосистем» за спеціальністю G3 Електрична інженерія

Метою програми фахового іспиту для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра «Управління, захист та автоматизація енергосистем» за спеціальністю G3 Електрична інженерія є перевірка набуття вступником компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1. Перелік тем, які виносяться на фаховий іспит

Повний перелік тем, які виносяться на вступний фаховий іспит для вступу за освітньо-професійною програмою (ОПП) «Управління, захист та автоматизація енергосистем» підготовки магістрів спеціальності G3 «Електрична інженерія».

Блок 1

Розділ 1. Моделювання і аналіз усталених режимів електроенергетичних систем (ЕЕС).

Тема 1.1 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. Основні задачі. Вихідні дані та результати обчислень. Аналіз вхідної та вихідної інформації.

Тема 1.4. 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. 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.

Тема 1.7. 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.

Тема 1.8. 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 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 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 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.

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.

Розділ 3. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики в задачах електроенергетики.

Тема 3.1. Поняття і визначення теорії ймовірностей. Випадкові події, величини, функції. Статистична ймовірність. Властивості ймовірності.

Тема 3.2. 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.

Тема 3.3. 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.

Тема 3.4. Функція розподілу ймовірностей випадкової величини. Визначення. Властивості. Графік функції. Приклади. Щільність розподілу ймовірностей випадкової величини. Визначення. Властивості. Приклади. Числові характеристики безперервних випадкових величин.

Тема 3.5. 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.

Блок 2

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.

Тема 1.2. 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 1.3. Математичний опис елементів і систем управління. Лінеаризація диференціальних рівнянь. Форми запису лінеаризованих рівнянь.

Тема 1.4. 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 1.5. Математичне моделювання автоматичних систем. Перетворення структурних схем об'єктів регулювання.

Тема 1.6. Основні лінійні закони регулювання.

Тема 1.7. Стійкість АСР, Кореневі, алгебраїчні, частотні критерії.

Тема 1.8. Оцінка якості АСР. Основні критерії для статичних та астатичних систем.

Тема 1.9. Аналіз систем у просторі станів. Опис систем у просторі станів. Характеристики систем у просторі станів.

Тема 1.10. Характеристики нелінійних елементів. Аналіз нелінійних систем методом гармонічного балансу. Аналіз нелінійних систем за фазовими траєкторіями.

Розділ 2. Дискретні системи з цифровими регуляторами.

Тема 2.1. Математичні основи теорії дискретних АСР. Імпульсний елемент. Дискретні сигнали. Решітчаста функція.

Тема 2.2. Цифрові регулятори. Канал дискретного перетворення сигналу. Аналого-цифровий перетворювач. Дельта-імпульсний модулятор. Цифро-аналоговий перетворювач. Демодулятор.

Тема 2.3. Структурна схема дискретної АСР з цифровим регулятором.

Тема 2.4. Передатні функції дискретної АСР з цифровим регулятором.

Тема 2.5. Критерії якості дискретних АСР з цифровими регуляторами.

Тема 2.6. Стійкість імпульсних систем. Критерії оцінки. Умови використання критеріїв Гурвіца та Михайлова для оцінки стійкості.

Тема 2.7. Перехідні процеси у дискретних АСР з цифровими регуляторами. Вплив періоду квантування.

Блок 3

Розділ 1. Типи та принцип дії релейного захисту.

Тема 1.1. Призначення релейного захисту. Основні вимоги до системи релейного захисту. Етапи розвитку.

Тема 1.2. Пошкодження і ненормальні режими в електричній частині енергосистеми. Векторні діаграми коротких замикань.

Тема 1.3. Інформація, що використовується в процесі функціонування систем релейного захисту, її особливості, характер змін.

Тема 1.4. 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 1.5. 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 1.6. 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 1.7. Поведінка реле направлення потужності в непошкоджених фазах. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації МНЗС, переваги та недоліки, область використання.

Тема 1.8. 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 1.9. Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллю. Основні вимоги до захисту. Принципи виконання захистів від замикання на землю в мережах з малими струмами замикання на землю. Трансформатор струму нульової послідовності.

Тема 1.10. 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.

Розділ 2. Елементи релейного захисту.

Тема 2.1. Загальна структура систем релейного захисту. Джерела оперативного струму. Елементна база приладів релейного захисту.

Тема 2.2. 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 2.3. Фільтри симетричних складових струму. Робота трансформаторів струму в перехідних режимах. Похибки, схема заміщення, характеристика намагнічування трансформаторів струму.

Тема 2.4. 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.

1.2. Порядок проведення фахового іспиту

Іспит проводиться у вигляді письмової роботи. Кожен білет містить три теоретичні запитання. Для випробування передбачено 35 екзаменаційних білетів, сформованих з наведеного вище переліку тем.

Термін виконання фахового іспиту становить 2,5 академічні години (113 хвилин) без перерви. Після написання роботи атестаційна комісія перевіряє її та виставляє оцінку згідно з критеріями оцінювання.

На організаційну частину фахового іспиту (пояснення по проведенню, оформленню і критеріям оцінювання іспиту, видачі білетів для написання роботи) відводиться 13-15 хвилин від усього часу фахового іспиту; на відповіді на кожне з трьох питань екзаменаційного білету вступнику надається по 30 хвилин; на заключну частину (збір білетів і письмових робіт у вступників членами конкурсної комісії) – 8-10 хвилин.

Після закінчення етапу написання фахового іспиту, проводиться перевірка відповідей та їх оцінювання членами атестаційної комісії. Члени атестаційної комісії приймають спільне рішення щодо виставлення оцінки на відповідь до кожного з питань екзаменаційного білету.

Підведення підсумку фахового іспиту здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість. Ознайомлення студента з результатами іспиту проводиться згідно з правилами прийому в університет.

1.3. Допоміжні матеріали для складання фахового іспиту

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

1.4. Критерії оцінювання фахового іспиту

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожний екзаменаційний білет містить три теоретичні питання.

Система оцінювання теоретичних завдань:

Відповідь на питання №1 (блок 1) екзаменаційного білету оцінюється максимально у 34 бали, на питання №2 (блок 2) та питання № 3 (блок 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.

Правильною відповіддю в даному контексті вважається повне і адекватне висвітлення питання згідно з Програмою фахового іспиту.

У відповідях на теоретичні завдання 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.

Загальна оцінка за фаховий іспит обчислюється як арифметична сума балів за всі чотири відповіді на запитання екзаменаційного білету. Таким чином, за результатами фахового іспиту вступник може набрати від 0 до 100 балів.

З метою обчислення конкурсного балу вступника результат фахового іспиту перераховується з шкали від 0 до 100 балів до шкали, визначеної Порядком прийому на навчання для здобуття вищої освіти (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

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

шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	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

Вступники, результати фахового іспиту яких за шкалою РСО складають від 0 до 59 балів, отримують оцінку "незадовільно" і не допускаються до участі в наступних вступних випробуваннях (за наявності) і в конкурсному відборі. Перескладання фахового іспиту не допускається.

1.5. Приклад типового завдання фахового іспиту

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

Спеціальність G3 Електрична інженерія
Освітня програма Управління, захист та автоматизація енергосистем

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

фахового іспиту

для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра

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 (МНЗСП). Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації енергосистем
протокол № ____ від _____ 2025 р.

В.о. завідувача кафедри АЕ

Анатолій МАРЧЕНКО

2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Особи, які без поважних причин не з'явилися на вступні іспити у визначений розкладом час, особи, знання яких було оцінено балами нижче встановленого цим Положенням рівня, до участі в наступних вступних іспитах і в конкурсному відборі не допускаються.

2. В разі неможливості проведення іспиту в очному режимі, випробування можуть проводитися в дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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. – Режим доступу: <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. Яндутьський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндутьського. – 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. Яндутьський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндутьського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 59 с – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16601>

ПЕРЕЛІК РОЗРОБНИКІВ:

к.т.н., доц. каф. АЕ

Анатолій МАРЧЕНКО

к.т.н., доц. каф. АЕ

Олександр ДМИТРЕНКО

к.т.н., доц. каф. АЕ

Олег ХОМЕНКО

Програму рекомендовано:
кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА
Протокол № 7 від 10 лютого 2025 р.

В.о. завідувача кафедри

Анатолій МАРЧЕНКО