

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії
Факультету електроенерготехніки та автоматики

Декан  Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

« 22 » « лютого » 2022 р.



ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра
«Управління, захист та автоматизація енергосистем»

*за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка*

Програму рекомендовано:

кафедрою автоматизації енергосистем

Протокол № 7 від «22» «лютого» 2022р.

В.о. завідувача  Олександр ДМИТРЕНКО

ВСТУП

Комплексне фахове випробування для вступу на освітню програму підготовки магістра «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка направлене на виявлення знань та навичок із спеціальності для подальшого навчання.

Випробування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін навчального плану спеціальності, що є базовими для освітньої програми підготовки магістра «Управління, захист та автоматизація енергосистем». А саме

- Математичні задачі енергетики,
- Теорія автоматичного керування,
- Релейний захист електричних систем.

Під час написання роботи забороняється користуватися будь-якими допоміжними джерелами інформації.

Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

I. 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 усталеного режиму ітераційним методом Зейделя. Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.

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

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. 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.

Література [2], [3], [4], [11].

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 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 усталених режимів ЕЕС.

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.

Література [3], [4], [11], [12].

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

Тема 3.1. Основні визначення теорії ймовірностей.

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

Тема 3.2. Незалежні і залежні випадкові події.

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.

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 і щільність розподілу ймовірностей.

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. Закони розподілу ймовірностей.

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.

Література [3], [4], [9].

II. 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 задіянонь 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. Диференційна 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.

Література [5], [6], [7], [11].

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.

Література [5], [6], [7], [12].

ІІІ. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

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

Література [1], [2], [8], [11].

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

Література [1], [8], [10].

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

Література [1], [2], [8], [12].

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

Література [1], [2], [8], [10].

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.

Література [1], [8], [10].

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

Література [1], [8], [10].

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.

Література [1], [8], [10].

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.

Література [1], [2], [8], [10].

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.

Література [1], [2], [8], [10].

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.

Література [1], [2], [8], [10].

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

Література [1], [8], [10].

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.

Література [1], [8], [10], [11].

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.

Література [1], [8], [10], [11].

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.

Література [1], [2], [8], [10].

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

Під час випробування студенти виконують письмову роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – у 33 бали.

Система оцінювання теоретичного питання з розділу «математичні задачі енергетики»:

- 32-34 бали – повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації);
- 29-31 бал – достатньо повна відповідь, або повна відповідь з незначними неточностями (не менше 85% потрібної інформації);
- 26-28 балів – достатньо повна відповідь з наявними неточностями (не менше 75% потрібної інформації);
- 22-25 балів – неповна відповідь, або відповідь містить незначні помилки (не менше 65% потрібної інформації);
- 20-21 бал – неповна відповідь з наявними незначними помилками (не менше 60% потрібної інформації);
- 0 балів – незадовільна відповідь, або містить значні помилки (менше 60% потрібної інформації).

Система оцінювання теоретичного питання з розділів «теорія автоматичного керування» та «релейний захист електричних систем»:

- 32-33 бали – повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації);
- 29-31 бал – достатньо повна відповідь, або повна відповідь з незначними неточностями (не менше 85% потрібної інформації);
- 26-28 балів – достатньо повна відповідь з наявними неточностями (не менше 75% потрібної інформації);
- 22-24 бали – неповна відповідь, або відповідь містить незначні помилки (не менше 65% потрібної інформації);
- 20-21 бал – неповна відповідь з наявними незначними помилками (не менше 60% потрібної інформації);
- 0 балів – незадовільна відповідь, або містить значні помилки (менше 60% потрібної інформації).

Сума балів за три запитання 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

При обчисленні конкурсного бала застосовується шкала оцінювання ЄВІ (від 100 балів до 200 балів). Перерахунок проводиться згідно наступної таблиці:

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

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.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. – Режим доступу: <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 – Режим доступу: <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 данні (1 файл: 2,76 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016.– 109 с. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15649>

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. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007.
7. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування: Підручник / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – 285 с.
8. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с.
9. 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.
10. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України, 2017.
11. Das D. Electrical Power Systems / D. Das. – New Delhi: New Age International Publishers, 2006. – 470 pp.
12. Glover J. D. Power System Analysis and Design / J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, Thomas Overbye. – Cengage Learning, 2012. – 782 pp.

ПЕРЕЛІК РОЗРОБНИКІВ ТА УКЛАДАЧІВ

Розробники:



Анатолій МАРЧЕНКО



Олександр ДМИТРЕНКО



Олег ХОМЕНКО

Укладач:



Дарина ЛАВРЕНОВА