

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Факультету електроенерготехніки та
автоматики

Протокол № 7 від 27 лютого 2017 р.

Голова вченої ради _____ О.С. Яндульський

М. П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну
програму підготовки магістра
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
по спеціалізації “Системи управління виробництвом і розподілом
електроенергії”

Програму рекомендовано кафедрою
Автоматизації енергосистем
Протокол № 7 від 22 лютого 2017 р.

В.о. завідувача кафедри _____ А.А. Марченко

Київ – 2017

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-професійних рівнів підготовки магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка по спеціалізації “Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії” направлене на виявлення знань та навичок з спеціалізації для подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет складається з трьох теоретичних запитань з дисциплін спеціалізації: математичні задачі енергетики, теорія автоматичного керування, релейний захист електричних систем. Під час написання письмової роботи студент не може користуватися ніякою літературою або довідниками. 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 [1]. Загальні положення. Поняття моделі. Види моделей. Об'єкт моделювання ЕЕС. Етапи побудови моделей ЕЕС. Структура моделі ЕЕС.

Тема 1.2. Розрахункові схеми електричних мереж [1, 2].

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 [2]. Схеми заміщення електричної мережі. Розрахункова схема електричної мережі. Параметри режиму при моделюванні елементів електричної мережі [1, 2].

Тема 1.3. Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі.

Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі [2]. 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 [2, 5]. 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 [1, 2]. 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 [1, 2, 5]. Розв'язання СЛР методами упорядкованого виключення невідомих (метод Гауса). Приклади розв'язання систем рівнянь.

Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму методом подвійної факторизації [2]. Приклади розв'язання систем рівнянь.

Обернення матриці коефіцієнтів системи рівнянь усталеного режиму [1]. Приклади.

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

Загальна характеристика ітераційних методів [2]. Збіжність методів. Перетворення вихідної системи рівнянь. Узагальнений алгоритм ітераційних методів.

Методи ітерації. Розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму ітераційним методом Зейделя [1, 2, 5]. Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.

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

Методи Ньютона і Ньютона-Рафсона [2,5]. Загальна постановка задачі. Суть методів. Виведення основних співвідношень. Загальний алгоритм методів.

Формування систем рівнянь усталеного режиму для розв'язання методом Ньютона-Рафсона [2, 5]. 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.

Заклучні обчислення параметрів режиму електричної мережі [2]. Обчислення струмів і потоків потужностей у ділянках, ін'єкції 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 [1]. Основні визначення. Екстремуми функцій [3]. Чисельні методи оптимізації [3]. Градієнтні методи оптимізації. Методи покоординатної оптимізації.

Тема 2.2. Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС.

Математичні моделі оптимізації режимів електроенергетичних систем [4]. 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 [4]. Обмеження у вигляді рівнянь і у вигляді нерівностей. Приклади.

Урахування обмежень у вигляді рівнянь. Метод Лагранжа [1].

Урахування обмежень у вигляді нерівностей [4]. Метод штрафних функцій. Штрафні функції. Приклади.

Тема 2.4. Методи оптимізації режимів енергосистем.

Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа [4]. 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 [4]. Основні визначення градієнтних методів. Загальні положення. Градієнтний метод оптимізації режимів. Загальний алгоритм метода. Графічна інтерпретація.

Визначення складових вектора-градієнта [4].

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. Основні визначення теорії ймовірностей.

Поняття і визначення теорії ймовірностей [1]. Випадкові події, величини, функції. Статистична ймовірність. Властивості ймовірності.

Тема 3.2. Незалежні і залежні випадкові події.

Незалежні випадкові події [1]. Закони визначення ймовірності незалежних випадкових подій. Повна група подій. Приклади.

Залежні випадкові події [1]. Умовна ймовірність. Закони визначення ймовірності залежних випадкових подій. Приклади.

Тема 3.3. Випадкові величини.

Випадкові величини [1]. 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 [1]. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона.

Тема 3.4. Функція і щільність розподілу ймовірностей.

Функція розподілу ймовірностей випадкової величини [1]. Визначення. Властивості. Графік функції. Приклади. Щільність розподілу ймовірностей випадкової величини [1]. Визначення. Властивості. Приклади. Числові характеристики безперервних випадкових величин.

Тема 3.5. Закони розподілу ймовірностей.

Закон рівномірного розподілу ймовірностей [1]. Визначення. Аналітичне подання. Графік. Властивості. Числові характеристики. Приклади.

Нормальний розподіл ймовірностей [1]. Визначення. Аналітичне подання. Графік. Властивості. Правило "трьох сигм". Приклади. Показовий розподіл ймовірностей [1]. Аналітичне подання. Графік. Числові характеристики. Показовий закон надійності.

II. ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

РОЗДІЛ 1. Лінійні неперервні АСР

Тема 1.1. Принципи управління.

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

Тема 1.2. Класифікацію САУ.

Статичні та астатичні САУ.

Системи програмного управління. Слідкуючі системи. Системи з пошуком екстремума показника якості. Системи оптимального управління. Адаптивні системи. Оптимальна адаптивна САУ. Адаптивна САУ, що самонастроюється. Адаптивна САУ, що самоорганізується. Адаптивна САУ, що самонавчається

Безперервні та дискретні САУ

Тема 1.3. Основні відомості з динаміки АСР

Тема 1.4. Динамічні характеристики АСР

Тема 1.5. Типові ланки АСР

Тема 1.6. Основні властивості типових об'єктів регулювання

Тема 1.7. Математичне моделювання автоматичних систем. Рівняння статичної і динамічної.

Тема 1.8. Перетворення структурних схем об'єктів регулювання.

Тема 1.9. Основні лінійні закони регулювання.

Тема 1.10. Структурні схеми передаточних функцій АСР.

Тема 1.11. Астатизм АСР

Тема 1.12. АСР з компенсацією збурення

Тема 1.13. Стійкість АСР

Тема 1.14. Оцінка якості АСР

Тема 1.15. Розрахунок відлагоджень лінійних неперервних одноконтурних АСР

Тема 1.16. АСР з нелінійними регуляторами

Література [1], [2], [3], [4], [5], [6], [10], [11]..

РОЗДІЛ 2. Дискретні системи з цифровими регуляторами)

Тема 2.1. Математичні основи теорії дискретних АСР

Тема 2.2. Цифрові регулятори

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. Оптимальні значення параметрів настройки цифрових регуляторів

Тема 2.7. Перехідні процеси у дискретних АСР з цифровими регуляторами

Тема 2.8. Стійкість дискретних АСР з цифровими регуляторами

Література [7], [8], [9], [10], [11].

III. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

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

Література [1] с.5-20, [2] с.5-7, [5] с. 5-17

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

Література [1] с.5-20, [2] с.5-7, [5] с. 5-17

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

Література [2] с.5-7, [5] с. 18-26.

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

Література [2] с.5-7, [5] с. 18-26.

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] с.59-100 [4] с.22-36, [5] с.92-111.

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

Література [1] с.59-100 [4] с.22-36, [5] с.92-111.

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] с. 143-180, [4] с.22-36, [5] с.27-80, 155-127.

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] с.193-201, [4] с.150-176, [5] с. 117-147.

Тема 9. Максимальний захист за струмом оберненої послідовності (МЗСІ2). Принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, визначення чутливості. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.193-201, [4] с.150-176, [5] с. 117-147.

Тема 10. 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] с.193-201, [4] с.160-176, [5] с. 147-155.

Тема 11. 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] с.201-232, [4] с.212-219, [5] с. 188-205.

Тема 12. Поведінка реле направлення потужності в непошкоджених фазах. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації МНЗС, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.201-232, [4] с.212-219, [5] с. 172-189.

Тема 13. 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] с.201-232, [4] с.181-186, 212-219, [5] с. 189-210.

Тема 14. 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.

Література [1] с.201-232, [4] с.181-186, 212-219, [5] с. 211-231.

Тема 15. 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] с.232-273, [2] с. 267-289, [4] с. 195-212, [5] с.271-281.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	Fx	Незадовільно

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

Список літератури до дисципліни «Математичні задачі енергетики»

Список літератури до розділу 1.

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики. Учебник для студентов вузов / Под ред. В.А.Веникова – М.: Высшая школа, 1981 – 288 с.
2. Идельчик В.И. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики – Львів: Видавництво при Львівському університеті, 1982 – 380 с.
4. Математичні моделі електроенергетичних систем: Навчальний посібник / В.П.Мельник – К.: ІСДО, 1993 – 336с.

Список літератури до розділу 2.

5. Методы оптимизации режимов энергосистем / В.М.Горнштейн, Б.П.Мирошниченко, А.В.Пономарев и др., под ред. В.М.Горнштейна – М.: Энергия, 1981 – 336 с.
6. Арзамасцев Д.А. и др. АСУ и оптимизация режимов энергосистем. Учебное пособие для студентов ВУЗов – М.: «Высшая школа», 1983 – 208 с.

Список літератури до розділу 3.

7. Глурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для ВУЗов – М.: «Высшая школа», 1972.
8. Электрические системы. Электрические расчеты, программирование и оптимизация режимов / Под ред. В.А.Веникова. Учебное пособие для электроэнергетических ВУЗов – М.: «Высшая школа», 1973.

Список літератури до дисципліни «Теорія засобів керування»

1. Ципкин Я.З. Основы теории автоматических систем. – М.: Наука, 1977 – 560с.
2. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование: Учебник – М.: Машиностроение, 1978 – 736 с.
3. Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования непрерывных систем – М.: Энергоиздат, 1980.
4. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления: Особые линейные и нелинейные системы – М.: Энергоиздат, 1981– 304 с.
5. Теория автоматического управления: Учебник для вузов по специальности «Автоматика и телемеханика» в 2-х частях, 1. Теория линейных систем автоматического управления / Н.А. Бабаков, А.А. Воронова и др., под ред. А.А. Воронова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986 – 367 с.
6. Первозванный А.А. Курс теории автоматического управления: Учебное пособие – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986 – 616 с.
7. Х.Гурецкий Анализ и синтез систем управления с запаздыванием: Перевод с польского к.т.н. доц. Дмитриева – М.: Машиностроение, 1974 – 328 с.
8. Бойко Н.П., Стеклов В.К. Система автоматического управления на базе микро-ЭВМ – К.: Техника, 1989 – 182 с.
9. Расчет непрерывно-дискретных систем частотным методом / А.Ш. Бахшашев, Г.Н. Черкашин, Н.А. Рюмин – К.: Техника, 1992 – 275 с.

10. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для студентов вузов. / Под ред. В.А. Бесекерского, 5-е изд., перераб. – М.: Наука, 1978 – 512 с.
11. Кулаков Г.Г. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: Справочное пособие – Минск: Высшая школа, 1989 – 192 с.

Список літератури до дисципліни **«Релейний захист електричних систем»**

Основна література

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем – М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Гельфанд Я.С. Релейная защита распределительных сетей – М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Гаевенко Ю.О. та інш. Пристрої релейного захисту на напівпровідниках – К.: Техніка, 1969.
4. Беркович М.М. и др. Основы техники релейной защиты – М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита – М.: Энергоатомиздат, 1998 – 800 с.
6. Морозкин В.П. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты – М.: Энергоатомиздат, 1988.
7. Автоматика электросистем / Под редакцией В.Л. Козиса и Н.И. Овчаренко – М.: Энергоиздат, 1981.
8. Руководящие указания по релейной защите (Вып. 1-к) – М.: Энергия, 1961-1998.
9. Беркович М.А., Семенов В.А. Основы автоматики энергосистем – М.: Энергия, 1984.
10. Дроздов А.Д. и др. Автоматизация энергетических систем – М.: Энергия, 1977.
11. Э.М. Шнеерсон. Дистанционные защиты – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.

Додаткова література

12. Митюшкин К.Г. Телемеханика в энергосистемах – М.: Энергия, 1975.
13. Барзам А.Б. Системная автоматика – М.: Энергия, 1975.
14. Правила влаштування електроустановок – К.: Техніка, 1988.
15. Овчаренко М.И. Элементы автоматических устройств энергосистем: Учебное пособие для вузов. В 2-х книгах 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

Розробник програми:

к.т.н., ст. викл. Лавренова Д.Л.