

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова Вченої ради
факультету електроенерготехніки
та автоматики
_____ О.С. Яндульський
« ____ » _____ 20__ р.

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 14 Електрична інженерія

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Ухвалено Вченою радою
факультету електроенерготехніки та
автоматики
(протокол від «25» березня 2019р. №8)

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2019

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Пересада Сергій Михайлович, д.т.н., професор, зав. кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Толочко Ольга Іванівна, д.т.н., професор, в.о. зав. кафедри автоматизації енергосистем

Кирик Валерій Валентинович, д.т.н., професор, зав. кафедри електричних мереж і систем

Шинкаренко Василь Федорович, д.т.н., професор, зав. кафедри електромеханіки

Кудря Степан Олександрович, д.т.н., професор, зав. кафедри відновлюваних джерел енергії

Островецький Микола Якович, д.т.н., професор, зав. кафедри теоретичної електротехніки

ВСТУП

Вступне випробування на освітньо-наукову програму підготовки докторів філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», на основі здобутих освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра направлене на виявлення знань та навичок студента зі спеціалізації для їх подальшого поглибленого застосування при навчанні в аспірантурі.

Випробовування проходять у вигляді усної співбесіди вступника з членами екзаменаційної комісії по питанням екзаменаційного білету. На підготовку до співбесіди вступнику надається 1 година 30 хвилин, при цьому необхідно викласти відповіді на запитання білету на робочих листках вступних іспитів. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних фахових дисциплін спеціалізації. Після написання відповідей та співбесіди екзаменаційна комісія виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

СТРУКТУРА ПРОГРАМИ

Розділ 1 Теоретична електротехніка

Тема 1. Основні поняття електромагнітного поля і електричних кіл

Загальна характеристика задач теорії електромагнітного поля та теорії електричних і магнітних кіл. Основні рівняння електромагнітного поля в інтегральній формі. Енергія, сили і механічні прояви електричного і магнітного полів. Основні параметри електричних і магнітних полів в інтегральній формі. Постановка задач автоматизованого проектування електротехнічних пристроїв.

Тема 2. Теорія лінійних електричних кіл

Електричні і електронні кола в системах передачі і перетворення енергії та інформації. Класифікація кіл і їх елементів. Двополюсники і багатопольсники. Керовані джерела. Індуктивно-зв'язані елементи. Графи і топологічні матриці електричних схем, топологічні рівняння. Закон Ома для узагальненої вітки, матричні компонентні рівняння. Вузлові і розширені вузлові рівняння, контурні рівняння. Чисельні методи розв'язку рівнянь кіл при усталених режимах. Точні та ітераційні методи. Метод Гауса; розклад матриць на трикутні співмножники; чисельні методи обернення матриць. Умови збіжності ітераційних методів. Розрахунок вхідних і передаточних функцій в символічній формі. Топологічні методи аналізу. Сигнальні графи і їх застосування до аналізу електричних кіл.

Багатофазні кола. Розрахунок симетричних і несиметричних трифазних кіл. Метод симетричних складових.

Багатополіусники; матриці багатополіусників. Основні рівняння регулярних чотириполіусників. Характеристичні опори і коефіцієнт передачі. Заступні схеми взаємних і невзаємних чотириполіусників. З'єднання чотириполіусників. Чотириполіусники із зворотними зв'язками. Особливості формування рівнянь кіл із багатополіусними компонентами. Гібридні рівняння. Гіратори і конвертори опору.

Електричні кола з негармонічними напругами і струмами. Гармонічний аналіз періодичних функцій. Діюче значення і потужність. Сигнали і їх спектри. Спектральна густина. Перетворення сигналів лінійними системами. Елементи теорії фільтрів. Реактивні фільтри. Безіндукційні фільтри. Частотні характеристики і методи їх розрахунку.

Перехідні процеси в лінійних колах. Аналіз динамічних процесів в часовій області. Класичний метод. Особливості розрахунку при наявності ємнісних контурів та індуктивних перерізів. Складання та чисельні методи розв'язку рівнянь стану. Дискретні схемні моделі компонентів кола і їх застосування для чисельного розв'язку рівнянь стану. Аналіз динамічних процесів в частотній області. Застосування перетворень Лапласа і Фур'є для розрахунку перехідних процесів. Наближені і числові методи спектрального аналізу. Зв'язок перехідних і частотних характеристик.

Елементи синтезу лінійних кіл. Властивості функцій і методи реалізації двополіусників і чотириполіусників пасивних електричних кіл. Синтез безіндуктивних чотириполіусників з активними і невзаємними елементами.

Кола з розподіленими параметрами. Основні рівняння довгих ліній і їх розв'язок для усталених синусоїдних коливань. Перехідні процеси в колах з розподіленими параметрами.

Тема 3. Теорія нелінійних електричних кіл

Усталені процеси в нелінійних колах. Методи розрахунку нелінійних електричних і магнітних кіл при постійних струмах і напругах. Особливості нелінійних кіл змінного струму і методи їх розрахунку. Аналіз усталених процесів в нелінійних колах змінного струму. Формування та чисельні методи розв'язку алгебраїчних рівнянь нелінійних резистивних електричних кіл. Метод малого параметру.

Перехідні процеси в нелінійних колах. Основні методи аналізу. Асимптотичні методи. Метод збурення. Метод гармонічного балансу і частотні властивості нелінійних кіл. Фазова площа. Метод змінних стану. Чисельні методи розв'язку нелінійних рівнянь стану. Методи неявного інтегрування. Дискретні моделі нелінійних реактивних елементів і їх застосування для розрахунку динамічних процесів.

Автоколивання. Майже гармонійні коливання. Релаксаційні коливання. Стійкість. Енергетичні співвідношення. Машинний метод розрахунку періодичних і автоколивальних режимів.

Основні вектори і основні рівняння електромагнітного поля. Системи рівнянь Максвелла. Електродинамічні потенціали. Граничні умови. Енергія. Теорема Умова-Пойнтінга. Теорема Гауса.

Статичні поля. Основні рівняння електричного і магнітного статичного поля. Краєві задачі і методи їх розв'язку, Метод конформних перетворень і метод розділення змінних. Чисельні методи розв'язку крайових задач: метод сіток, метод кінцевих елементів. Метод інтегральних рівнянь теорії потенціалу і його чисельна реалізація. Ємність, ємнісні і потенційні коефіцієнти.

Стаціонарні електричні і магнітні поля. Основні рівняння поля. Диференційна форма законів Ома, Ленца-Джоуля, Кірхгофа. Подібність статичних і стаціонарних полів. Векторний магнітний потенціал. Потокощеплення. Власна і взаємна індуктивність. Застосування методу інтегральних рівнянь.

Змінне електромагнітне поле в провідному середовищі. Хвилі в провідних середовищах. Поверхневий ефект. Проникнення магнітного поля в масив феромагнетика для прямокутної характеристики намагнічування. Моделювання змінних полів в провідних середовищах.

Електромагнітні хвилі і випромінювання. Хвильове рівняння і його розв'язок. Гармонійні хвилі в ідеальному діелектрику. Відбиття електромагнітних хвиль. Хвилі в просторі, обмеженому провідними границями. Хвилеводи і резонатори. Типи хвиль. Фазова і групова швидкість. Рівняння Даламбера. Випромінювання квантових генераторів. Електромагнітні поля в реальних діелектриках, феромагнетиках і анізотропних середовищах. Комплексні параметри середовища.

Чисельні методи розрахунку нестаціонарних полів. Електромагнітні поля в рухомих середовищах. Основні рівняння магнітної гідродинаміки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойко В.С. Теоретичні основи електротехніки: В 3-х т. Підручн. для студ. електротехн. спеціальн. вищих закл. осв. Том 1 / В.С. Бойко, В.В. Бойко, Ю.Ф. Видолоб [та ін.]; за заг. ред. І.М. Чиженка, В.С. Бойка.– К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 272 с.

2. Бойко В.С. Теоретичні основи електротехніки: В 3-х т. Підручн. для студ. електротехн. спеціальн. вищих закл. осв. Том 2 / В.С. Бойко, В.В. Бойко, Ю.Ф. Видолоб [та ін.]; за заг. ред. І.М. Чиженка, В.С. Бойка. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2008. – 224 с.

3. Бойко В.С. Теоретичні основи електротехніки: В 3-х т. Підручн. для студ. електротехн. спеціальн. вищих закл. осв. Том 3 / В.С. Бойко, В.В. Бойко, Ю.Ф. Видолоб [та ін.]; за заг. ред. І.М. Чиженка, В.С. Бойка. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2013. – 244 с.

4. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 1. – 4-е изд. / К.С.Демирчян, Л.Р.Нейман, Н.В.Коровкин, В.Л.Чечурин. – СПб.: Питер, 2003. – 463 с.

5. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. – 4-е изд. / К.С.Демирчян, Л.Р.Нейман, Н.В.Коровкин, В.Л.Чечурин. – СПб.: Питер, 2003. – 576 с.

6. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 3. – 4-е изд. / К.С.Демирчян, Л.Р.Нейман, Н.В.Коровкин, В.Л.Чечурин. – СПб.: Питер, 2003. – 377 с.

Розділ 2 Техніка сильних електричних та магнітних полів

Тема 1. Електрофізичні основи техніки сильних електричних та магнітних полів

Утворення та нейтралізація заряджених частинок в газі. Рух заряджених частинок в газі. Умова самостійності розряду в газі. Початкові напруги проміжків з однорідним та неоднорідним електричним полем. Лавинна теорія пробою Таунсенда-Роговського. Закон Пашена. Стримерна теорія пробою. Особливості пробою довгих повітряних проміжків, лідерний процес. Характеристики та особливості застосування елегазу. Перекриття твердої ізоляції в повітрі. Способи підвищення напруги перекриття ізоляційних конструкцій. Коронний розряд постійного струму. Втрати на корону на лінії електропередачі. Радіозавади від коронного розряду. Електропровідність рідин в сильних електричних полях. Передрозрядні процеси в рідинах. Запалювання розряду. Динаміка імпульсного розряду в рідинах. Пробій рідких діелектриків з домішками. Теорія теплового пробою твердих діелектриків. Теорія електричного пробою твердих діелектриків. Пробій неоднорідних твердих діелектриків. Часткові розряди. Старіння ізоляції. Розряд по забрудненій та зволоженій поверхні ізолятора.

Тема 2. Грозові перенапруги і грозозахист електричних установок

Характеристики та параметри розрядів блискавки. Грозозахисне заземлення. Методи розрахунку та моделювання. Індуковані перенапруги на повітряних лініях. Перенапруги прямого удару блискавки в лініях електропередачі. Захист від прямих ударів блискавки. Зони захисту блискавководвідів. Методика визначення імовірності прориву блискавки. Розповсюдження хвиль в лінії. Заломлення та відбиття хвиль в лініях електропередачі. Вплив імпульсної корони на хвильові процеси в лініях електропередачі. Грозозахист підстанцій. Трубочасті та вентильні розрядники. Нелінійні обмежувачі перенапруг. Число грозових відключень повітряних ліній електропередачі, АПВ. Показник грозоопірності підстанцій. Грозозахист повітряних ліній електропередачі.

Тема 3. Внутрішні перенапруги в електричних системах і їх обмеження

Внутрішні перенапруги в мережах з ізолюованою нейтраллю. Роль дугопогашувальних апаратів. Перенапруги при вимкненні ненавантажених ліній. Перенапруги при вимкненні ненавантажених трансформаторів.

Резонансні перенапруги в лініях електропередачі. Обмеження внутрішніх перенапруг. Статистичні характеристики внутрішніх перенапруг. Розрахункова кратність внутрішніх перенапруг.

Тема 4. Ізоляція установок високої напруги та високовольтні випробувальні установки

Методи регулювання електричних полів в ізоляційних конструкціях. Ізоляція повітряних ліній електропередачі. Основні види внутрішньої ізоляції. Короткочасна та довготривала електрична міцність. Ізоляція силових трансформаторів. Ізоляція силових кабелів. Ізоляція силових конденсаторів. Ізоляція обертових електричних машин. Високовольтні вводи. Випробування зовнішньої ізоляції. Випробування внутрішньої ізоляції. Діагностування внутрішньої ізоляції. Трансформаторні установки для випробування ізоляції. Випробувальні високовольтні установки постійного струму. Генератори імпульсних напруг. Методи генерування комутаційних імпульсів.

Тема 5. Техніка високих напруг та великих струмів

Вимірювання імпульсів високої напруги. Подільники напруги. Вимірювання високої постійної та змінної напруги. Вимірювання великих імпульсних струмів. Вимірювання ємності та кута діелектричних втрат. Сильноточні імпульсні розряди та їх застосування. Зарядження макроскопічних частинок та їх рух в електричному полі. Електрофільтри та електросепаратори. Екологічні фактори повітряних та кабельних ліній надвисокої напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бржезицький В.О., Ісакова А.В., Рудаков В.В. та ін. Техніка і електрофізика високих напруг: Навч. посібник / За ред. В.О. Бржезицького та В.М. Михайлова. – Харків: НТУ «ХПІ» - Торнадо, 2005. – 930 с.
2. Собчук В.С. Техніка та електрофізика високих напруг: навчальний посібник– Вінниця, ВНТУ, 2003 р., 85 с.
3. Техніка високих напруг: навчальний посібник / МОН МС України; Майструк Е. В., уклад. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2012. – 128 с.
4. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь; Подобщ. ред. В.П. Ларионова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
5. Изоляция установок высоконапряжения: Учебник для вузов / Г.С. Кучинский, В.Е. Кизеветтер, Ю.С. Пинталь; Под общ. ред. Г.С. Кучинского. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 386 с.

6. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения: Пер. с нем. / М. Бейер, В. Бек, К. Меллер, В. Цаенгель; Под ред. В.П. Ларионова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.
7. Техника высоких напряжений / М. Е. Иерусалимов, Н.Н. Орлов; Под. общ. ред. М.Е. Иерусалимова. – К.: Издательство Киевского университета, 1967. – 444 с.

Розділ 3 Електричні станції, мережі і системи

Тема 1 Електричні станції

Особливості технологічного режиму електричних станцій різного типу.
Особливості головних схем і схем власних потреб електростанцій різного типу.

Режими роботи синхронних генераторів та їх системи збудження.

Режими роботи синхронних двигунів та їх системи збудження.

Режими роботи електродвигунів власних потреб електростанцій при нормальних та аномальних умовах.

Режими роботи синхронних компенсаторів та їх системи збудження.

Системи управління, контролю та сигналізації на електростанціях та підстанціях.

Заземлюючі пристрої електричних установок.

Симетричні та несиметричні короткі замикання. Складні види пошкоджень. Складання схем заміщення для розрахунків. Допущення, які застосовуються.

Методи оцінки надійності схем електричних з'єднань електричних установок.

Практичні методи розрахунку струмів к.з.

Сучасна теорія стійкості. Поняття про перший та другий (прямий) методах Ляпунова. Практичні критерії статичної стійкості.

Протікання процесу в часі при великих та малих збуреннях.

Стійкість режимів складних систем.

Динамічна стійкість електричних систем.

Перехідні процеси та стійкість електричних мереж, які з'єднані слабкими зв'язками.

Методичні та нормативні вказівки по аналізу перехідних процесів та стійкості електричних систем.

Заходи по покращенню стійкості та якості перехідних процесів електричних мереж.

Протиаварійне керування для збереження стійкості.

Перехідні процеси при к.з. в мережах, які містять дальні лінії, установки подовжньої компенсації, лінійні та нелінійні регулюючі елементи.

Спрощенні критерії динамічної та результуючої стійкості найпростішої

електричної мережі.

Статична стійкість системи зі збудженням, яке регулюється.

Перехідні процеси в вузлах навантаження при малих та великих збуреннях.

Автоматичні регулятори збудження синхронних генераторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Электрическая часть станций и подстанций. Васильев А.А. и др. – М.: Энергия, 1980, – 608 с.
2. Электрическая часть электростанций. Усов С.В., Кантан В.В. и др.– Л.: Энергия, 1977, – 560 с.
3. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1987, – 648 с.
4. Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. М – Энергия, 1978.– 456 с.

Тема 2 Електричні системи та мережі

Схеми заміщення елементів електричних мереж. Розрахункові схеми електричних систем. Зведене та розрахункове навантаження.

Втрати потужності та енергії в лініях та трансформаторах та їх визначення по графікам навантажень та часу найбільших втрат.

Розрахунок режиму напруги в електричних мережах систем. Падіння напруги та втрати напруги.

Основні методи розрахунку режимів роботи складнозамкнених електричних мереж. Метод вузлових потенціалів. Метод розрізання контурів. Методи розв'язку рівнянь усталеного режиму електричної мережі. Ітераційні методи: проста ітерація, метод Зейделя, метод Ньютона-Рафсона.

Поняття режиму електроенергетичної системи. Локальні та загальносистемні параметри режимів електричних систем. Класифікація режимів електроенергетичних систем. Вимоги до режимів електроенергетичних систем.

Характеристика потужності ідеалізованої електропередачі. Пропускна здатність електропередачі. Статична стійкість електропередачі. Кругові діаграми електропередачі.

Динамічна стійкість електропередачі. Критерії динамічної стійкості електропередачі. Каскадні аварії та живучість електроенергетичних систем.

Неоднорідність електричних мереж. Фактори, які визначають неоднорідність електричних мереж. Прояви неоднорідності електричних мереж. Способи компенсації неоднорідності електричних мереж.

Дальні електропередачі. Шляхи, методи та засоби збільшення пропускної здатності та економічності роботи дальніх електропередач.

Аналітичний та графоаналітичний методи аналізу режимів роботи ДЕП. Штучні заходи по підвищенню пропускної здатності та дальності передачі електроенергії змінним струмом.

Дальні електропередачі постійного струму. Техніко-економічні показники дальніх передач на змінному та постійному струмах, їх порівнювання та перспективи застосування.

Регулювання напруги та економічні режими електричних систем. Якість електричної енергії та її характеристики. Відхилення та коливання напруги, причини їх виникнення, граничні величини, вплив на роботу електроприймачів.

Засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Розрахунок параметрів компенсуючих пристроїв. Лавина напруги. Вибір місця встановлення в мережі компенсуючих пристроїв повздовжньої та поперечної компенсації.

Трансформаторні засоби регулювання напруги в електричних мережах енергосистеми. Поняття про зустрічне регулювання напруги. Схеми регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів. Повздовжнє та поперечне регулювання напруги за допомогою ВДТ.

Баланс активної та реактивної потужності та якість електроенергії в системах. Баланс та резерв активної потужності в енергосистемах. Регулювання частоти в енергосистемах. Первинне регулювання частоти, недоліки первинного регулювання. Вторинне регулювання частоти. Регулювання частоти в аварійних режимах. Поняття про автоматичне частотне розвантаження та системи частотного автоматичного повторного включення. Особливості регулювання частоти в об'єднаних енергосистемах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Блок В. М. Электрические сети и системы: Учебное пособие для электроэнергет. спец. Вузов [Текст] / В. М. Блок. – Москва: Высш. шк., 1986. – 430 с.
2. Боровиков В. А. Электрические сети и системы. Учебник для техникумов / В. А. Боровиков, В. К. Косарев, Г. А. Ходот. – Ленинград: Энергия, 1977. – 392 с.
3. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов [Текст] / В. И. Идельчик. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с. – ISBN 5-283-01012-0.
4. Рыжов Ю. П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: Учебник для вузов [Текст] / Ю. П. Рыжов. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – 488 с. – ISBN 988-5-383-00158-5
5. Сулейманов В. М. Электричні мережі та системи: підручн. / В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе. – Київ: НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с. – ISBN 978-966-622-300-8.
6. Электрические системы и сети: учеб. / Н. В. Буслова, В. Н. Винославский, Г. И. Денисенко, В. С. Перхач; под. ред. Г. И. Денисенко. – Киев: Вища шк., 1986. – 584 с.
7. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей: Учеб. пособие для электроэнерг. вузов [Текст] / Под ред. В. А. Веникова. – Москва: Высш. школа, 1975. – 344 с.

8. Электрические системы. ТЗ. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения: Учеб. пособие для электроэнерг. вузов [Текст] / Под ред. В. А. Веникова. – Москва: Высш. школа, 1972. – 368 с.

9. Электрические системы. Электрические сети: Учеб. для электроэнерг. спец. вузов [Текст] / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков и др.; Под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева. – Москва: Высш. шк., 1998. – 511 с. – ISBN 5-06-001031-7.

Тема 3 Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії

Тема 3.1 Автоматичне регулювання в енергосистемах

Баланс активних потужностей та частота змінного струму. Види регулювання частоти та активної потужності.

Первинне регулювання частоти. Регулятори швидкості турбін.

Статичні частотні характеристики генеруючої частини енергосистеми.

Статична частотна характеристика споживання. Суміщена статична частотна характеристика генеруючої частини енергосистеми та споживання. Регулюючий ефект навантаження.

Вторинне регулювання частоти та активної потужності. Організація автоматичного регулювання частоти та потужності (АРЧП) в енергооб'єднанні. Системна частина АРЧП. Режими роботи системної АРЧП.

Методи регулювання частоти та активної потужності. Метод станції, що веде режим.

Регулювання напруги та реактивної потужності в енергосистемах. Засоби регулювання напруги в енергосистемах.

Гнучкі системи передачі на змінному струмі (FACTS-системи).

Критерії стійкості та показники якості регулювання.

Принцип автоматичного керування. Типові регулятори та їх характеристики

Асинхронний режим в енергосистемах. Ознаки асинхронного режиму. Способи ліквідації асинхронного режиму.

Тема 3.2 Релейний захист електричних систем

Максимальні струмові направлені та ненаправлені захисти.

Первинні вимірювальні перетворювачі в системах захисту та автоматики.

Релейний захист електричних систем, вимоги та принципи дії.

Функціональні та логічні елементи автоматичних пристроїв.

Датчики інформації в системах релейного захисту та автоматики.

Резервування дії релейного захисту та вимикачів.

Вимірювальні органи та логічна частина систем релейного захисту.

Захист електродвигунів.
Захист трансформаторів електростанцій та підстанцій.
Захист синхронних генераторів.
Захист блока генератор-трансформатор.
Релейний захист шин станцій та підстанцій.
Автоматичне частотне розвантаження (АЧР), призначення та принцип дії.
Автоматичне повторне ввімкнення (АПВ) , призначення та принцип дії.
Автоматичне ввімкнення резервного живлення (АВР), призначення та принцип дії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беркович М. А. Основы автоматики энергосистем / М. А. Беркович, А. Н. Комаров, В. А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 433 с.
2. Калентионок Е.В., Прокопенко В.Г., Федин В.Т. Оперативное управление в энергосистемах. – Минск: Высшая школа, 2007. – 351 с.
3. Павлов Г. М. Автоматика энергосистем / Г. М. Павлов, Г. В. Меркурьев. – Санкт-Петербург: Издание Центра подготовки кадров РАО «ЕЭС России», 2001. – 387 с.
4. Яндульський О.С., Стелюк А.О., Лукаш М.П. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах / Під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 88 с.
5. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем – М.: Энергоатомиздат, 1992.
6. Гаєвенко Ю.О. та інш. Пристрої релейного захисту на напівпровідниках – К.: Техніка, 1969.
7. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита – М.: Энергоатомиздат, 1998 – 800 с.
8. Морозкин В.П. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты – М.: Энергоатомиздат, 1988.

Розділ 4 Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

Класифікація пристроїв автоматики, їх основні особливості. Системи автоматичного керування (САК), функціональна схема САК та її елементи. Системи стабілізації, програмного регулювання, слідкуючі. Розімкнені САК: компенсаційні та програмного керування. Комбіноване керування. Загальні відомості про елементи САК. Зворотні зв'язки у САК. Зворотний зв'язок та коефіцієнт підсилення.

Умови рівноважного стану САК. Статичні характеристики при послідовному та паралельному з'єднанні ланок. Характеристика ланок із

зворотним зв'язком. Статична похибка та коефіцієнт підсилення. Протиріччя вимог статички і динаміки. Статична похибка при комбінованому керуванні. Форми запису рівнянь статички.

Складання рівнянь динаміки ланок. Методика складання рівнянь. Принцип детектування. Гіпотеза малих відхилень Вишнеградського. Методи лінеаризації. Форми запису рівнянь динаміки. Операторна форма та ін. Типові ланки САР. Рівняння та часові характеристики ланок.

Передаточні функції, частотні характеристики ланок. Призначення передаточних функцій і частотних характеристик. Передаточні функції та АФЧХ при послідовному та паралельному з'єднанні ланок, для ланок із зворотним зв'язком.

Логарифмічні частотні характеристики, їх особливості і призначення, побудова логарифмічних характеристик. АФЧХ і логарифмічні характеристики типових ланок.

Рівняння, передаточні функції і АФЧХ систем регулювання. Рівняння розімкненої САР, її передаточні функції і АФЧХ. Рівняння одноконтурної замкненої системи стабілізації. Отримання рівняння замкненої САК за допомогою теореми Крамера. Рівняння програмної (слідкуючої) САР. Отримання рівняння статички САР. Передаточні функції і АФЧХ САР по завданню та збуренню.

Перетворення складних структурних схем замкнутих САР. Схеми з простими та перехресними зворотніми зв'язками.

Поняття про стійкість лінійних систем. Теорема Ляпунова. Аналіз стійкості за видом коренів характеристичного рівняння. Межа стійкості в площині коренів. Критерії стійкості. Алгебраїчні критерії Рауса-Гурвіца, Вишнеградського. Частотні критерії: Михайлова, Д-розбиття, Михайлова-Найквіста. Аналіз стійкості за допомогою амплітудно- та фазочастотних характеристик. Аналіз за допомогою логарифмічних характеристик. Знаходження критичних значень параметрів та визначення запасу стійкості за допомогою різних критеріїв.

Дослідження стійкості систем з транспортним запізненням. Структурно- нестійкі САР. Приклади. Послідовні і паралельні коректуючі ланки. Приклади коректування структурно-нестійких САР.

Показники якості САР. Особливості аналізу якості в лінійних системах. Аналіз якості за видом коренів характеристичного рівняння. Ступінь затухання перехідних процесів. Задачі синтезу. Методи синтезу послідовних та паралельних коректуючих пристроїв. Використання логарифмічних характеристик.

Загальні відомості про інваріантність. Інваріантність САК відносно збурюючого впливу. Реалізація вимог інваріантності.

Основні види нелінійностей. Методи та дослідження нелінійних систем. Метод фазових траєкторій. Поняття про фазову площину. Особливі точки. Фазові траєкторії стійких та нестійких систем. Методика дослідження. Стійкість по Ляпунову. Поняття про граничні цикли. Метод

гармонійної лінеаризації. Релейні САР. Використання методу фазових траєкторій для аналізу релейних систем.

Дискретні системи, їх класифікація. Різницеві рівняння, перетворення, передаточні функції імпульсних систем. Частотні характеристики дискретних систем. Методи дослідження стійкості імпульсних систем (критерій Гурвіца, Михайлова, Найквіста та ін.) Синтез дискретних коректуючих пристроїв методом логарифмічних псевдочастотних характеристик.

Екстремальні САК. Особливості та межі застосування. Поняття про функцію користі та оптимальне керування.

Загальні відомості про електропривод. Призначення, особливості, задачі. Види електроприводів. Функціональна схема електропривода.

Механічна частина електропривода. Кінематичні та розрахункові схеми. Статичні навантаження. Врахування втрат. Рівняння руху.

Електродвигуни постійного струму. Електромеханічні характеристики. Природна характеристика. Види штучних характеристик. Гальмівні режими. Динамічні властивості. Характеристики двигунів постійного струму з послідовним, змішаним або комбінованим збудженням.

Асинхронні електродвигуни. Одержання механічної характеристики. Ковзання. Природна механічна характеристика. Види штучних характеристик. Гальмівні режими. Побудова штучних характеристик. Динамічні властивості.

Синхронні електродвигуни. Принцип дії. Кутова характеристика. Гальмівні режими. Динамічна властивості. Переваги та недоліки.

Електромеханічна система. Рівняння та структурна схема. Динамічні властивості.

Оптимальні перехідні процеси: по швидкодії, витратам електроенергії з обмеженням по моменту, прискоренню або ривку. Відпрацювання ступінчатого керуючого та збуджуючого впливу. Плавний пуск. Реверс. Особливості перехідних процесів для електродвигунів змінного струму.

Теплові перехідні процеси. Номінальні режими електродвигунів. Методи еквівалентного струму, моменту, потужності. Вибір потужності двигуна.

Регулювання координат електропривода. Види керування та основні функції ЕП. Система перетворювач частоти-асинхронний двигун. Точність. Діапазон регулювання. Електропривод при підпорядкованому регулюванні координат. Регулювання моменту, струму, швидкості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В., Теорія автоматичного керування: Підручник. - К.: Либідь, 1997.

2. Теорія електропривода: Підручник / За ред. М. Г. Поповича. - К.: Вища школа, 1993.

3. Теория автоматического управления / Под ред. А. А. Воронова. – 4.1, 2. – М.: Высшая школа, 1986.
4. Бессекерский В. А., Попов Е. Н., Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1972.
5. Куропаткин П. В. Оптимальные и адаптивные системы. – М.: Высшая школа, 1980.
6. Leonhard W. Control of Electrical Drives. (3rd edition) // Berlin: Springer-Verlag, 2001. – 460 p.
7. Bose B. K. Power Electronics and Variable Frequency Drives // IEEE Press, 1997. – 639 p.
8. Novotny D. W., Lorenz R. D. Introduction to field orientation and high performance AC drives // IEEE Press, 1985. – 200 p.

Розділ 5 Електричні машини і апарати

Тема 1. Машини постійного струму

- Конструкція та принцип дії машини постійного струму (МПС).
- Обмотки якоря МПС. Прості та складні петльові і хвильові обмотки.
- Процеси комутації в МПС. Способи покращення комутації: додаткові полюси, зсув щіток, тощо. Компенсаційна обмотка.
- Вирази для електрорушійної сили (ЕРС) і електромагнітного моменту МПС. Явище реакції якоря та його вплив на магнітний потік збудження.
- Генератори постійного струму (ГПС). ГПС з незалежним, паралельним і змішаним збудженням та їх характеристики. Умови самозбудження ГПС.
- Двигуни постійного струму (ДПС). ДПС з незалежним, паралельним, змішаним і послідовним збудженням та їх характеристики.
- Пуск та способи регулювання швидкості обертання ДПС. Вибір величини пускових опорів. Режим електромагнітного гальмування ДПС.
- Тягові ДПС. Робочі характеристики ДПС з послідовним збудженням.

Тема 2. Трансформатори

- Будова та принцип дії трансформатора. Класифікація трансформаторів. Коефіцієнт трансформації. Конструкція обмоток та магнітопровода трифазних трансформаторів.
- Схеми та групи з'єднання обмоток однофазних та трифазних трансформаторів.
- Вищі гармонійні в кривій намагнічуючого струму, магнітного потоку та фазних ЕРС трифазних трансформаторів при різних способах з'єднання первинних та вторинних обмоток.
- Приведення вторинної обмотки трансформаторів до первинної обмотки.

- Режими неробочого (холостого) ходу (ХХ) та короткого замикання (КЗ) трансформаторів. Напряга КЗ та струм ХХ. Втрати в режимах ХХ і КЗ. Експериментальне визначення параметрів схеми заміщення.

- Робота трансформаторів під навантаженням. Основі математичні рівняння. Схеми заміщення трансформатора.

- Векторні та енергетичні діаграми. Визначення ККД трансформатора.

- Зовнішня характеристика трансформатора при роботі з різним характером навантаження (R, L, C).

- Паралельна робота трансформаторів. Умови вмикання трансформаторів на паралельну роботу.

- Спеціальні типи трансформаторів. Автотрансформатори та багато обмоткові трансформатори.

- Несиметричні режими роботи трансформаторів. Метод симетричних складових.

Тема 3. Загальні питання теорії машин змінного струму

- Конструкція машин змінного струму. Ізоляція обмоток. Умови отримання обертового магнітного поля в машинах змінного струму.

- Принципи будови та основні типи обмоток змінного струму.

- Магнітне поле машин змінного струму та його розрахунок. Індуктивність та взаємодуктивність обмоток. Магнітні потоки взаємодукції та розсіювання обмоток.

- ЕРС витка, котушки, фази обмотки змінного струму. Обмоткові коефіцієнти. Способи зменшення вищих гармонік в ЕРС. Скіс пазів.

- Магніторушійні сили (МРС) обмоток машин змінного струму. Вищі гармоніки МРС.

Тема 4. Асинхронні машини

- Конструкція та принцип дії асинхронної машини. Ковзання. Асинхронна машина з короткозамкненим і фазним ротором.

- Рівняння електричних кіл обмоток статора та ротора. Приведення обмотки ротора до обмотки статора. Схема заміщення асинхронної машини.

- Режим роботи асинхронної машини: двигунний, генераторний, електромагнітного гальма. Векторні та енергетичні діаграми.

- Механічна характеристика асинхронної машини. Максимальний момент та критичне ковзання. Робочі характеристики асинхронного двигуна.

- Пуск трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим і фазним ротором. Двигуни з покращеними пусковими характеристиками (глибокопазні, з подвійною кліткою ротора).

- Способи регулювання швидкості обертання асинхронних двигунів.

- Автономний асинхронний генератор. Умови самозбудження.

- Типи однофазних асинхронних двигунів (з пусковою обмоткою, конденсаторні), способи запуску їх та характеристики.

- Несиметричні режими роботи асинхронних машин. Вплив несиметрії напруги живлення і параметрів обмоток на механічні характеристики асинхронних двигунів.

Тема 5. Синхронні машини

- Конструкція та принцип дії синхронної машини. Явнополюсні і неявнополюсні синхронні машини. Обмотка збудження і демпферна обмотка.

- Синхронна машина в режимі неробочого (холостого) ходу. Вимоги до розподілу магнітного поля в повітряному проміжку.

- Явище реакції якоря в синхронній машині та фактори, що на нього впливають.

- Рівняння, параметри та векторні діаграми трифазного синхронного генератора при симетричному навантаженні.

- Автономний синхронний генератор та його характеристики.

- Паралельна робота синхронного генератора з мережею. Умови та способи вмикання синхронного генератора на паралельну роботу, V - подібні характеристики, регулювання активної та реактивної потужності СМ.

- Кутові характеристики синхронної машини. Статична та динамічна стійкість роботи синхронної машини.

- Синхронний двигун та синхронний компенсатор. Способи запуску. Векторні діаграми. Робочі та V - подібні характеристики.

- Перехідні, асинхронні та несиметричні режими роботи синхронної машини. Індуктивні опори синхронної машини в перехідних та несиметричних режимах роботи.

Тема 6. Електричні апарати

- Класифікація електричних апаратів та основні вимоги, що пред'являються до них.

- Електродинамічні сили в електричних апаратах.

- Теплові процеси в електричних апаратах.

- Електричні контакти: визначення і класифікація, їх опір, матеріали, нагрівання контактів, електродинамічні сили в контактах. Конструкції низьковольтних та високовольтних комутаційних контактів.

- Електрична дуга та методи її гасіння.

- Електромагнітні пристрої в електричних апаратах.

- Класифікація комутаційних апаратів до 1000 В, категорія застосування. Рубильники та перемикачі. Контакттори та пускачі. Автоматичні повітряні вимикачі.

- Класифікація комутаційних апаратів вище 1000 В. Роз'єднувачі, короткозамикачі та відокремлювачі. Вимикачі навантаження. Силові вимикачі: класифікація, технічні параметри.

- Приводи комутаційних апаратів: визначення і класифікація. Вибір комутаційних апаратів: загальні умови вибору електротехнічних пристроїв.

- Вимірювальні апарати: вимірювальні трансформатори напруги, вимірювальні трансформатори струму та їх вибір.

- Захисні апарати: плавкі запобіжники та їх вибір, пристрій захисного вимкнення, розрядники та обмежувачі перенапруги, струмообмежувальні реактори.

- Електромеханічне реле: класифікація і принцип дії. Вимірювальні реле струму та напруги, допоміжні реле та їх вибір.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вольдек А.И. Электрические машины. – М.: Энергия, 1978. – 832 с.
2. Петров Г.Н. Электрические машины. – М.: Энергия, Часть 1, 1974. – 240 с., часть 2, 1963 – 416 с., часть 3, 1968 – 244 с.
3. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Знання, 2009. – 400 с. – ISBN 978-966-346-644-6
4. Електричні машини : Навч. посіб. для студ. базового рівня підготовки за напрямком "Електромеханіка" / М. А. Яцун; Держ. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 1999. – 427 с. – Бібліогр.: 55 назв.
5. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін.; Національний гірничий ун-т.– Д. : НГУ, 2003. – 328 с.
6. Козлов В. Д. Електричні апарати. Модуль 1. Загальні питання електричних апаратів: Посібник – К.: НАУ, 2005. – 92 с.
7. Козлов В. Д., Соломаха М. І. Електричні апарати. Модуль 2. Комутаційні апарати низької та середньої напруги: Посібник – К.: НАУ, 2006. – 84 с.
8. Козлов В. Д., Єнчев С. В. Електричні апарати. Модуль 3. Вимірювальні, контролювальні та захисні апарати: Посібник – К.: НАУ, 2007. – 72 с.

Розділ 6 Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії

Тема 1. Вітроенергетика

Основні параметри вітрового потоку і засоби їх описання в часі і просторі. Типи вітроустановок і вітрогенераторів. Їх переваги і недоліки. Основні положення аеромеханічного розрахунку вітрогенераторів. Особливості електричних схем вітрогенераторів постійного струму і їх використання. Особливості електричних схем вітрогенераторів змінного струму і їх використання. Характерні режими роботи вітрогенераторів (пуск, номінальний режим, зупинка) і алгоритми їх реалізації. Методи і технічні засоби стабілізації частоти обертання вітрогенераторів.

Тема 2. Сонячна енергетика

Основні параметри, які характеризують потік сонячної енергії. Електродинамічні підходи до описання взаємодії сонячного випромінювання

з атмосферою і конструктивними елементами сонячних колекторів і фотобатарей. Основні конструкції сонячних колекторів і фотобатарей. Моделі генерації електрорушійної сили в фотоелектричних перетворювачах. Моделі генерації тепловиділення при взаємодії сонячного випромінювання з елементами сонячних колекторів і фотобатарей. Моделі теплового стану сонячних колекторів і фотобатарей. Структури і схеми активних і пасивних систем сонячного теплопостачання будівель і споруд. Особливості сонячних енергетичних систем з використанням концентрованого сонячного випромінювання.

Тема 3. Перетворення та акумулювання енергії відновлювальних джерел

Принцип дії хімічних джерел струму. Схеми використання електричних акумуляторів в системах енергопостачання. Основні типи електрохімічних акумуляторів електричної енергії. Схеми використання теплових акумуляторів в системах теплопостачання. Принципи розрахунку теплових та електричних акумуляторів енергії.

Тема 4. Комплексне використання відновлювальних джерел енергії

Енерготехнологічні вузли. Методи оптимізації параметрів комбінованих систем теплопостачання. вимоги до комбінованих систем енергопостачання. Принципи побудови комбінованих систем енергопостачання.

Тема 5. Використання геотермальних ресурсів

Основні параметри геотермальної енергії. Методи моделювання геотермальних колекторів і свердловин. Варіанти схем використання геотермальної енергії для потреб електропостачання. Типові схеми видобутку геотермальних ресурсів.

Тема 6. Використання інших видів відновлювальних джерел енергії

Принцип дії енергоустановок, які використовують енергію малих рік. Принцип дії хвильових енергетичних установок. Принцип дії біоенергетичних установок. Принцип роботи енергоустановок, які використовують температурні і концентраційні градієнти в морській воді. Принцип дії магнітогідродинамічних генераторів. Принцип дії термоемісійних генераторів. Принцип дії термоелектричних генераторів і термоохолодильників. Принцип дії компресорних і абсорбційних тепло насосних установок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : електронний курс лекцій / С.О. Кудря, В.І. Будько – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2013. – 360 с.
2. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підруч. / С. О. Кудря. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 492с.

3. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії : навч. посіб. / С. О. Кудря, В. М. Головка. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 184с.

4. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / С. О. Кудря, В. Ф. Резцов, Т. В. Суржик та інші. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2012. – 60 с. Видано в 2013 р.

ПОЛОЖЕННЯ

про рейтингову систему оцінки успішності вступника з вступного екзамену

Галузь знань: 14 - Електрична інженерія
Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Факультет: Електроенерготехніки та автоматики

Відповідь вступника на вступному екзамені оцінюється за 100-бальною шкалою. Рейтинг студента складається з балів, які він отримує за виконання трьох завдань екзаменаційного білету (q_i – максимально 20 балів за кожне питання у білеті) та надання відповідей на два додаткові запитання (z_i – максимально 20 балів за кожне питання).

Система рейтингових балів

1. Критерії оцінювання відповідей на завдання екзаменаційного білету:

- логічність, послідовність та повнота викладення матеріалу: 3-5 балів;
- рівень володіння теоретичними знаннями: 3-5 балів;
 - правильність застосування правил, методів, принципів, законів у конкретних ситуаціях: 4-6 балів;
- вміння робити обґрунтовані висновки: 2-4 бали.

Оцінка відповіді на запитання екзаменаційного білету

q_i :

- «відмінно»: 19-20 балів;
- «дуже добре»: 17-18 балів;
- «добре»: 15-16 балів;
- «задовільно»: 13-14 балів;
- «достатньо»: 11-12 балів;
- «незадовільно», робота не задовольняє критеріям або відповіді немає: 0 балів.

2. Критерії оцінювання відповідей на додаткові запитання:

- логічність, послідовність та повнота викладення матеріалу: 3-5 балів;
- рівень володіння теоретичними знаннями: 3-5 балів;
 - правильність застосування правил, методів, принципів, законів у конкретних ситуаціях: 4-6 балів;
- вміння робити обґрунтовані висновки: 2-4 бали.

Оцінка відповіді на додаткове запитання z_i :

- «відмінно»: 19-20 балів;
- «дуже добре»: 17-18 балів;
- «добре»: 15-16 балів;
- «задовільно»: 13-14 балів;
- «достатньо»: 11-12 балів;
- «незадовільно», робота не задовольняє критеріям або відповіді немає: 0 балів.

Загальна кількість балів за відповідь студента визначається шляхом підсумовування балів (q_i) за виконання трьох завдань та балів за відповіді на додаткові запитання (z_i):

$$Q = \sum q_i + \sum z_i$$

Після чого здійснюється перерахування отриманих балів у оцінку згідно з таблицею:

Кількість балів Q	Оцінка
95 – 100	Відмінно
85 – 94	Дуже добре
75 – 84	Добре
65 – 74	Задовільно
60 – 64	Достатньо
< 60	Незадовільно