

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Голова предметної комісії,
Гарант освітньої програми
Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

ПОГОДЖЕНО:
Проректор з навчальної роботи
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО


(підпис)
« 28 » « лютого » 2022 р.




(підпис)
м.п. « 04 » 2022 р.



**ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ІСПИТУ
для здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

*Програму рекомендовано вченими радами факультету
електроенерготехніки та автоматики, навчально-наукового інституту
енергозбереження та енергоменеджменту*

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» проводиться для вступників, які мають ступень магістра*.

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховано шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення вступного іспиту має на меті визначити рівень підготовки вступника за вибраною для вступу спеціальністю.

Теоретичні питання вступного іспиту можна поділити на сім розділів:

1. Теоретична електротехніка.
2. Техніка сильних електричних та магнітних полів.
3. Електричні станції, мережі і системи
4. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод
5. Електричні машини і апарати
6. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії
7. Системи забезпечення споживачів електричною енергією, електротехнічні комплекси, електромеханічні системи, автоматизація електротехнічних та електротехнологічних комплексів, енергетичний менеджмент та енергоефективність.

Завдання вступного іспиту складається з трьох теоретичних питань. До екзаменаційного білету включаються відповідно: 1 питання з першого, другого або сьомого розділів, 2 – з третього, четвертого або сьомого розділів, 3 – з п'ятого, шостого або сьомого розділів.

Вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену. Тривалість підготовки вступника до відповіді – 2 академічні години. У наступному розділі програми наведено лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних іспитів.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням: <https://aspirantura.kpi.ua/>

*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

Розділ 1 Теоретична електротехніка

Тема 1.1. 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 1.2. Теорія лінійних електричних кіл

Електричні і електронні кола в системах передачі і перетворення енергії та інформації. Класифікація кіл і їх елементів. Двополюсники і багатополіусники. 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 ustalених 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 двополюсників і чотиріполюсників пасивних електричних кіл. Синтез безіндуктивних чотиріполюсників з активними і не взаємними 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 1.3. 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 площина. 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 нестационарних полів. Електромагнітні поля в рухомих середовищах. Основні рівняння магнітної гідродинаміки.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 1

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. Основи теорії електромагнітного поля. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод, електромобільність» / КПІ ім. Ігоря Сікорського, уклад. Л. Ю. Спінул. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102 с.

Розділ 2 Техніка сильних електричних та магнітних полів

Тема 2.1. 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 2.2. 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 блискавковододів. 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 2.3. Внутрішні перенапруги в електричних системах і їх обмеження

Внутрішні перенапруги в мережах з ізолюваною 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 2.4. 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 2.5. 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 ДО РОЗДІЛУ 2

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 «ХП» – Торнадо, 2005. 930 с.

2. Собчук В.С. Техніка та електрофізика високих напруг: навчальний посібник– Вінниця, ВНТУ, 2003. – 85 с.

3. Техніка високих напруг: навчальний посібник / МОН МС України; Майструк Е. В., уклад. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2012. – 128 с.

4. Техніка високих напруг: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Б. Абрамов, В. О. Бржезицький, Я. О. Гаран, О. Р. Проценко – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 345 с.

5. Електротехнологічні установки та системи. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. О. Бржезицький, Я. О. Гаран, М. Ю. Лапоша, Є. О. Троценко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 136 с. – Назва з екрана.

Розділ 3 Електричні станції, мережі і системи

Тема 3.1. 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.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3, ТЕМИ 3.1

1. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій: Ч. 1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад. Є. І. Бардик, П. Л. Денисюк, Ю. В. Безбереж'єв. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.

2. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Ч. 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад. Є. І. Бардик, П. Л. Денисюк, Ю. В. Безбереж'єв. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012.

3. Горяжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / В. М. Горяжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с.

4. Казанський, С. В. Надійність електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, Б. М. Сердюк ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с.

Тема 3.2. 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 повздожньої та поперечної компенсації.

Трансформаторні засоби регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Поняття про зустрічне регулювання напруги. Схеми регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів. Повздожнє 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.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3, ТЕМИ 3.2

1. Електричні системи і мережі. Частина 1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський ; Вінницький національний технічний університет ; за ред. П. Д. Лежнюка. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 200 с.

2. Аналіз та синтез систем передачі електричної енергії постійного струму [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. В. В. Кирик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 59 с.

3. Електричні мережі та системи. Режими роботи розімкнених мереж [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів усіх форм навчання та студентів-іноземців напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології" / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. В. Кирик. – Київ : Політехніка, 2014. – 130 с.

4. Кацадзе, Т. Л. Електричні системи та мережі. Частина 2. Розрахунок та аналіз усталених режимів електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : матеріали лекцій / Кацадзе Т. Л. – 2016. – 284 с.

5. Сулейманов В. М. Електричні мережі та системи: підручн. / В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе. – Київ: НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с. – ISBN 978-966-622-300-8.

6. Кацадзе, Т. Л. Експертні системи прийняття рішень в енергетиці [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Т. Л. Кацадзе ; НТУУ «КПІ». – Київ : ЛОГОС, 2014. – 175 с.

Тема 3.3. 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 вимірвальні 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. Вимірвальні 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.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3, ТЕМИ 3.3

1. Яндульський, О. С. Математичне моделювання систем та процесів. Математичне забезпечення мікропроцесорних пристроїв релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко; під заг. ред. О. С. Яндульського ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 60 с.

2. Яндульський, О. С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 103 с

3. 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.

4. Обчислювальні методи та алгоритмізація: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Хоменко, Г. О. Труніна, О. О. Дмитренко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 89 с.

5. Релейний захист і автоматика: Навч. посібник / С. В. Панченко, В. С. Блиндюк, В. М. Баженов та ін.; за ред. В. М. Баженова. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Ч. 1. – 250 с.

6. Релейний захист і автоматика: Навч. посібник / С. В. Панченко, В. С. Блиндюк, В. М. Баженов та ін.; за ред. В. М. Баженова. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Ч. 2. – 276 с.

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 САР. Статичні характеристики при послідовному та паралельному з'єднанні ланок. Характеристика ланок із зворотним зв'язком. Статична похибка та коефіцієнт підсилення. Протиріччя вимог статичної і динамічної. Статична похибка при комбінованому керуванні. Форми запису рівнянь статичної.

Складання рівнянь динамічної ланок. Методика складання рівнянь. Принцип детектування. Гіпотеза малих відхилень Вишнеградського. Методи лінеаризації. Форми запису рівнянь динамічної. 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 статичної САР. Передаточні функції і АФЧХ САР по завданню та збуренню. Перетворення складних структурних схем замкнутих САР. Схеми з простими та перехресними зворотними 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 коригуючі 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 коректуючи пристроїв. Використання логарифмічних характеристик.

Загальні відомості про інваріантність. Інваріантність САК відносно збурюю чого 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 коригуючих 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, витратах електроенергії з обмеженням по моменту, прискоренню або ривку. Відпрацювання ступінчатого керуючого та збурюючого 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.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 4

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. Толочко, О. І. Математичні методи в електромеханіці [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / О. І. Толочко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 212 с.

4. Толочко, О. І. Оптимальне керування в електромеханічних системах. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з дисципліни «Системи оптимального та інтелектуального керування» / О. І. Толочко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 116 с.

5. Leonhard W. Control of Electrical Drives. (3rd edition) // Berlin: Springer-Verlag, 2001. – 460 p.

6. Bose B. K. Power Electronics and Variable Frequency Drives // IEEE Press, 1997. – 639 p.

7. 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 5.1. Машини постійного струму

Конструкція та принцип дії машини постійного струму (МПС). 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. Тягові ДПС. Робочі характеристики ДПС з послідовним збудженням.

Тема 5.2. Трансформатори

Будова та принцип дії трансформатора. Класифікація трансформаторів. Коефіцієнт трансформації. Конструкція обмоток та магнітопроводу трифазних трансформаторів. Вищі гармонійні в кривій намагнічуючого струму, магнітного потоку та фазних ЕРС трифазних трансформаторів при різних способах з'єднання первинних та вторинних обмоток. Режими неробочого (холостого) ходу (ХХ) та короткого замикання (КЗ) трансформаторів. Напруга 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.

Тема 5.3. Загальні питання теорії машин змінного струму

Конструкція машин змінного струму. Ізоляція обмоток. Умови отримання обертового магнітного поля в машинах змінного струму. Магнітне поле машин змінного струму та його розрахунок. Індуктивність та взаємоддуктивність обмоток. Магнітні потоки взаємоддукції 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 5.4. Асинхронні машини

Рівняння електричних кіл обмоток статора та ротора. Приведення обмотки ротора до обмотки статора. Схема заміщення асинхронної машини. Режими роботи асинхронної машини: двигунний, генераторний, електромагнітного гальма. Векторні та енергетичні діаграми. Способи регулювання швидкості обертання асинхронних двигунів. Автономний асинхронний генератор. Умови самозбудження. Несиметричні режими роботи асинхронних машин. Вплив несиметрії напруги живлення і параметрів обмоток на механічні характеристики асинхронних двигунів.

Тема 5.5. Синхронні машини

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. 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 5.6. Електричні апарати

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. Вибір комутаційних апаратів: загальні умови вибору електротехнічних пристроїв. Захисні апарати: плавкі запобіжники та їх вибір, пристрій захисного вимкнення, розрядники та обмежувачі перенапруги, струмообмежувальні реактори.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 5

1. 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
2. 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.
3. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін.; Національний гірничий ун-т. — Д. : НГУ, 2003. — 328 с.
4. Козлов В. Д. Електричні апарати. Модуль 1. Загальні питання електричних апаратів: Посібник – К.: НАУ, 2005. – 92 с.
5. Козлов В. Д., Соломаха М.І. Електричні апарати. Модуль 2. Комутаційні апарати низької та середньої напруги: Посібник – К.: НАУ, 2006. – 84 с.
6. Козлов В. Д., Єнчев С. В. Електричні апарати. Модуль 3. Вимірювальні, контролювальні та захисні апарати: Посібник – К.: НАУ, 2007. – 72 с.
7. Васьковський, Ю. М. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами [Електронний ресурс] / Ю. М. Васьковський, Ю. А. Гайденко, М. А. Коваленко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 200 с.

Розділ 6 Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії

Тема 6.1. 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 6.2. 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 6.3. 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 6.4. Комплексне використання відновлювальних джерел енергії

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

Тема 6.5. 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 6.6. 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 термоємисійних генераторів. Принцип дії термоелектричних генераторів і термоохолодильників. Принцип дії компресорних і абсорбційних тепло насосних установок.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 6

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: підручн. / С. О. Кудря. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.

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

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.

Розділ 7 Системи забезпечення споживачів електричною енергією, електротехнічні комплекси, електромеханічні системи, автоматизація електротехнічних та електротехнологічних комплексів, енергетичний менеджмент та енергоефективність

Тема 7.1. Характеристика енергетичних комплексів та систем

7.1.1 Енергетичне господарство та його елементи. Основні види паливно-енергетичних ресурсів, їх класифікація.

7.1.2 Електроенергетика. Ядерна енергетика. Теплопостачання.

7.1.3 Економічні аспекти енергетики. Енергетика як природна монополія. Методи формування цін і тарифів на паливо та енергію. Податки та інвестиції в енергетиці. Вплив цінових і податкових факторів на обсяги споживання палива і енергії. Методи економічного регулювання в енергетиці.

Тема 7.2. Системні дослідження в енергетиці

7.2.1 Енергетика як об'єкт системних досліджень. Основні поняття системних досліджень. Ієрархія великих систем енергетики.

7.2.2 Властивості систем енергетики. Надійність енергетичних систем та комплексів.

7.2.3 Математичний апарат системних досліджень в енергетиці. Імовірнісні методи та сфера їх застосування в енергетиці. Теорія оптимального управління. Статистичне моделювання. Математична економіка.

7.2.4 Основні напрями розвитку електроенергетичних систем в рамках концепції Smart Grid. Принципи побудови та застосування smart-систем вимірювання, обліку та управління використанням електричної енергії.

Тема 7.3. Паливно-енергетичний баланс

7.3.1 Поняття про єдиний енергетичний баланс. Паливно-енергетичний баланс та окремі баланси паливно-енергетичних ресурсів по видам. Графічні діаграми для вивчення структури паливно-енергетичних балансів.

7.3.2 Структура та тенденції енергоспоживання. Методичні підходи до прогнозування енергоспоживання. Показники енергомісткості об'єктів енергоспоживання та їх аналіз.

Тема 7.4. Економіко-математичне моделювання енергетичних систем та комплексів

7.4.1 Техніко-економічні розрахунки енергетичних систем та комплексів. Структура капітальних вкладень та експлуатаційних витрат об'єктів паливно-енергетичного комплексу та його технологічних систем. Ціни та кінцеві витрати на паливно-енергетичні ресурси. Збитки від недопоставок енергоресурсів та забруднення навколишнього середовища. Врахування надійності при оптимізації систем енергетики, оцінювання технічних ризиків інноваційних розробок.

7.4.2 Багаторівнева система моделей для оптимізації розвитку паливно-енергетичного комплексу. Вибір раціонального числа рівнів ієрархії у системі моделей. Етапи індикативного планування та прогнозування. Типи економіко-математичних моделей для оптимізації структури паливно-енергетичного комплексу.

7.4.3 Моделювання оптимального розвитку паливно-енергетичного комплексу з урахуванням надійності. Задача оптимального резервування структури паливно-енергетичного комплексу та його технологічних систем з урахуванням взаємозамінності енергоносіїв. Вузлові нормативи надійності енергопостачання. Живучість енергетичних систем та комплексів.

Тема 7.5. Призначення та характеристики електротехнічних комплексів

7.5.1 Ефективність використання електричної енергії та її перетворення в інші види енергії при реалізації технологічних процесів.

7.5.2 Особливості побудови та функціонування електромеханічних, електротермічних, електрозварювальних, електрохімічних, електроіскрових, електростатичних, магнітостатичних та магнітодинамічних установок.

7.5.3 Загальна характеристика автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Тема 7.6. Елементи електротехнічних комплексів

7.6.1 Електромашинні перетворювачі. Реактори для кіл змінного та постійного струму.

7.6.2 Некеровані випрямлячі змінного струму. Керовані тиристорні випрямлячі одно- та трифазного струму. Інвертори струму та напруги. Резонансні інвертори. Тиристорні та транзисторні перетворювачі частоти змінного струму. Напівпровідникові перетворювачі змінної напруги. Стабілізатори напруги та струму. Широтноімпульсні перетворювачі. Системи імпульсно-фазового керування. Магнітно-тиристорний перетворювач напруги. Активні фільтри. Фільтро-компенсуючі пристрої. Електромеханічні пристрої автоматизованих електроприводів. Давачі та задавачі координат електроприводу. Акумулятори та накопичувачі енергії для електроживлення (електрохімічні, електричні, електромеханічні): побудова, принцип роботи та основні показники.

7.6.3 Комутаційні елементи та їх характеристика. Роз'єднувачі і високовольні вимикачі. Комутатори імпульсних джерел струму. Напівпровідникові та надпровідникові комутатори струму. Інтегральні модулі та мікропроцесори.

Тема 7.7. Електромеханічні системи

7.7.1 Загальна функціональна схема електромеханічної системи. Характеристики типових навантажень регульованих електроприводів. Розрахункові схеми та математичні моделі механічної частини електроприводів. Рівняння руху. Режими роботи електроприводів. Режими функціонування мехатронних імпульсних систем.

7.7.2 Структурні схеми, регульовальні властивості, показники якості динамки та статичні властивості структур електромеханічних систем на основі електроприводів постійного та змінного струму за схемою “керований перетворювач-двигун”. Системи типу “керований перетворювач-двигун” в електроприводах постійного та змінного струму і особливості регулювання моменту (струму) та швидкості в системах: “керований перетворювач - двигун постійного струму”, “генератор-двигун”, перетворювач частоти - асинхронний (синхронний) двигун, “тиристорний регулятор напруги - асинхронний двигун”.

7.7.3 Структурна схема та математична модель мехатронної системи технологічного комплексу. Системи електрогідравлічного керування з адаптивними функціями. Конструктивні властивості, характеристики та режими роботи електрогідравлічного приводу мехатронної системи. Системи типу “виконавчий орган – робоче середовище” в мехатронних системах з інтелектуальним керуванням. Статистичне моделювання електромеханічних систем та комплексів.

7.7.4 Системи підпорядкованого керування координат електромеханічних систем, маніпуляторів та виконавчих органів комплексів.

7.7.5 Слідкуючі електропривод та електрогідропривод. Ковзний режим слідкуючого електроприводу з релейним регулятором. Мехатронне керування електрогідроприводом.

7.7.6 Динамічні режими роботи електроприводів та електрогідроприводів. Динаміка електромеханічних систем із жорстким та пружним кінематичним зв'язком.

7.7.7 Усталені режими роботи електроприводу та електрогідроприводу.

7.7.8 Методи аналізу динамічних властивостей електромеханічних систем. Передавальні та перехідні функції електромеханічних систем та їх елементів.

7.7.9 Рівняння руху елементів електрогідроприводу на основі рівнянь Нав'є-Стокса, Бернуллі та методів Даламбера і Лагранжа.

7.7.10 Визначення навантажень в вузлах кінематичних систем маніпуляторів методом супер-елементів. Побудова епюр зовнішнього навантаження та визначення надійності з застосуванням теорій міцності.

7.7.11 Стійкість лінійних та нелінійних систем. Алгебраїчні критерії, частотні критерії, функція Ляпунова, критерій Попова. Числові методи ідентифікації нелінійних систем.

7.7.12 Методи синтезу лінійних, нелінійних та дискретних систем автоматичного керування із заданими показниками якості динамки та статички. Адаптивні та робастні системи автоматичного керування, Застосування принципів адаптивного та робастного керування в електромеханічних системах.

7.7.13 Мікропроцесорне керування електромеханічними системами. Мікроконтролери. Програмовані логічні контролери. Сигнальні процесори.

Тема 7.8. Електромеханотронні та робототехнічні системи та комплекси

7.8.1 Електромеханотронні перетворювачі з погляду функціональної електромеханіки, енергетична та інформаційна підсистеми електромеханотронних перетворювачів.

7.8.2 Пристрої перетворення, діагностування, захисту електромеханотронних перетворювачів, їхні основні функції та складові.

Тема 7.9. Електротехнологічні комплекси

7.9.1 Класифікація електротехнологічних установок як споживачів електроенергії.

7.9.2 Електротехнічні установки контактного нагріву. Дугові сталеплавильні рудотермічні та плазмові установки для термічної обробки та плавлення матеріалів. Електрозварювальні установки. Індукційні установки нагріву, деформації, поверхневого загартовування, зонної плавки, перемішування, дозованого розливу та гранулювання металів. Установки

діелектричного нагріву. Електроімпульсні установки іскрової обробки середовищ. Електропроменеві установки обробки високореактивних металів. Електрохімічні установки. Магнітоімпульсні та електрогідравлічні установки. Електричні та магнітні сепаратори. Електричні газові фільтри.

7.9.3 Сучасні системи та засоби енерго- та ресурсозбереження в електротехнологічних установках.

Тема 7.10. Електрофізичні установки

7.10.1 Електрофізичні установки для створення магнітного поля із заданою просторово- частотною структурою та установки для його випромінювання. Установки намагнічування та розмагнічування. Прилади та устаткування для вимірювань, досліджень електричних, магнітних та теплових властивостей матеріалів. Давачі на основі ефекту Холла. Вимірювання електричного опору, провідності, а також давачі на основі ефектів, що виникають на межі розділу середовищ.

Тема 7.11. Системи електропостачання технологічних та технічних комплексів

7.11.1 Структура та загальна характеристика систем електропостачання. Теоретичне обґрунтування розрахункового навантаження. Практичні методи визначення розрахункового навантаження. Вимоги до надійності електропостачання. Визначення параметрів елементів систем електропостачання (силові трансформатори, мережі напругою до та понад 1000 В). Методи розрахунку втрат електричної енергії в елементах систем електропостачання, сфера їх застосування. Організаційні та технічні заходи по зменшенню втрат електричної енергії. Сутність задачі компенсації реактивною потужності. Компенсація реактивної потужності в системах електропостачання промислових підприємств. Показники якості електричної енергії та їх нормування. Електромагнітна сумісність електротехнічних та електротехнологічних установок у вузлах навантаження електричних мереж.

Тема 7.12. Автономні системи електроспоживання стаціонарних та рухомих об'єктів

7.12.1 Характеристика джерел енергії, типи та основні параметри первинних перетворювачів електричної енергії для автономних систем живлення стаціонарних та рухомих об'єктів. Типи електричних генераторів та структури систем автоматичного керування електрогенераторними установками з теплоенергетичним, вітровим та водяним рушієм. Електрохімічні генератори на паливних комірках.

7.12.2 Гібридизація бортових джерел живлення для електротяги рухомих об'єктів та стратегії автоматичного керування. Автономні системи електроспоживання з поновлювальними джерелами енергії.

Тема 7.13. Автоматизація електротехнологічних та електротехнічних комплексів

7.13.1 Електромеханічні системи автоматизації в прокатному виробництві. Автоматизація ковальсько-пресових машин. Електромеханічні системи автоматизації гірничо-видобувного устаткування та керування буровими верстатами, Системи керування металорізальними установками. Електромеханічні системи автоматизації папероробного та картонного виробництва. Електромеханічні системи керування маршрутним електротранспортом, кранами та ліфтами. Автоматизація насосного, компресорного і вентиляторного устаткування. Автоматизація змішувачів, центрифуг і сепаратора

7.13.2 Системи діагностики(системи технічного діагностування), контролю та захисту.

7.13.3 Цифрові та аналогові системи автоматизації електротехнічних та електротехнологічних комплексів. Типові структури аналогових та цифрових систем керування. Перетворення аналогових та цифрових сигналів. Аналогова та цифрова фільтрація. Аналогові та цифрові ПД-регулятори. Програмовані логічні контролери.

Тема 7.14. Енергозбереження в енергетичних системах та комплексах

7.14.1 Основні напрямки енергозберігаючої політики. Критерії вибору енергозберігаючих технологій. Основі напрямки та резерви енергозбереження. Ефективність енергозберігаючих заходів. Управління енергозбереженням.

7.14.2 Заходи з реалізації технічного потенціалу енергозбереження. Енергоефективні техніка та технології, матеріали та конструкції. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Система технічних та організаційних заходів з енергозбереження.

7.14.3 Структурні фактори енергозбереження. Структурне переозброєння виробничих комплексів. Оптимізація енерговикористання.

Тема 7.15. Енергетичний менеджмент

7.15.1 Напрямки та завдання енергетичного менеджменту. Науково-методичне та метрологічне забезпечення.

7.15.2 Енергетичний аудит. Етапи Обстеження підприємства Вибір оптимального енергоносія. Система енергетичного менеджмента на промисловому підприємстві. Вимоги до енергоаудитора. Оцінка та моніторинг споживання енергії.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 7

1. Системи електропостачання з активним споживачем: моделі та режими [Електронний ресурс] : монографія / С. П. Денисюк, Т. М. Базюк, М.

М. Федосенко, О. С. Ярмолюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : Аверс, 2017. – 182 с.

2. Денисюк, С. П. Оцінювання якості електропостачання у локальних системах з джерелами розосередженої генерації [Електронний ресурс] : монографія / С. П. Денисюк, Д. Г. Дерев'янку ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 166 с.

3. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів [Електронний ресурс] / Веремійчук Ю. А., Опришко В. П., Притискач І. В., Ярмолюк О. С. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : Видавничий дім «Кий», 2020. – 186 с.

4. Ефективне керування режимами систем забезпечення споживачів електричною енергією [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 163 с.

5. Моделювання режимів систем забезпечення споживачів електричною енергією [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 104 с.

6. Попов, В. А. Проектування систем забезпечення споживачів електричною енергією [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 222 с.

7. Праховник, А. В. Енергозбереження в промисловості. Частина 1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. В. Праховник, О. М. Суходоля, С. П. Денисюк [та ін.] ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.

8. Енергозбереження в промисловості. Частина 2: Енергетичне обладнання [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. В. Праховник, О. М. Суходоля, С. П. Денисюк [та ін.] ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2012.

9. Терентьев, О. М. Екологічна стандартизація і сертифікація [Електронний ресурс] : конспект лекцій / О. М. Терентьев ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 103 с.

10. В.А. Маляренко, Л.В. Лисак, Енергетика, довкілля, енергозбереження. /Під заг. ред. проф. В. А. Маляренка, Х.: Рубікон, 2004. – 368 с.
11. На шляху до енергетичної ефективності. За ред. М.П. Ковалко, М.В. Ранцука, М.М. Кулика, О.О. Єрохіна. – Київ, Агентство з раціонального використання енергії та екології: 1997 р. – 227 с.
12. Теорія електроприводу. За ред. М.Г Поповича. - Київ: “Вища школа”, 1993. – 495 с.
13. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Кleshков В.Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. – Київ, “Либідь”, 2005. – 697 с.
14. “Енергетичний менеджмент” / Ю.В. Дзядикевич, М.В. Буряк, Р.І. Розум – Тернопіль: Економічна думка, 2010. – 295 с.
15. Костинюк Л.Д., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Моделювання електроприводів – Львів, НУ “Львівська політехніка”, 2004. – 404 с.
16. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник. – Львів: НУ “Львівська політехніка” 2006. – 440 с.
17. Півняк Г.Г., Волков О.В., Сучасні частотно-регульовані електроприводи зі широтно-імпульсною модуляцією: Монографія. – Дніпропетровськ, НГУ, 2006. - 470 с.
18. Сліденко В.М., Шевчук С.П., Замараєва О.В. Лістовщик Л.К. Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин: монографія.-К.: НТУУ ”КПІ”, 2013.-180 .
19. Потужна дисипація енергії коливань гірничих машин гетерогенними ліофобними системами/ Єрошенко В.А., Сліденко В.М., Шевчук С.П., Студенець В.П. - К.: НТУУ "КПІ", 2016 -180 с.
20. Сліденко В.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія/ В.М.Сліденко, О.М.Сліденко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во ”Політехніка”, 2017. – 220 с.
21. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки: підручн./ С.П.Шевчук, О.М. Попович, В.М.Світлицький. – К.: НТУУ «КПІ», 2010.-308с.

ІІІ. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Початковий рейтинг абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу за відповідною таблицею (п.4).
2. На екзамені абітурієнти готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету.

Кожне завдання комплексного фахового вступного випробування містить три теоретичні питання. Перші два питання є загальними за галуззю інформаційних технологій. Останнє питання орієнтоване на спеціальну підготовку вступника.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 27-30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 23-26 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 18-22 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 36-40 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 30-35 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 24-29 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

3. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

4. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

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

IV. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

Форма № Н-5.05

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь

доктор філософії

Спеціальність

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(назва)

Навчальна дисципліна

Вступний іспит

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _____

1. Питання 1

2. Питання 2

3. Питання 3

Затверджено

Гарант освітньої програми

_____ Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

Київ 2022

РОЗРОБНИКИ:

Ковбаса Сергій Миколайович, д.т.н., доцент, зав. кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА

Марченко Анатолій Андрійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматизації енергосистем ФЕА

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

Бардик Євген Іванович, к.т.н., доцент, доцент кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА

Троценко Євгеній Олександрович, к.т.н., доцент, доцент кафедри теоретичної електротехніки ФЕА

Чумак Вадим Володимирович, к.т.н., доцент, зав. кафедри електромеханіки ФЕА

Будько Василь Іванович, д.т.н., доцент, зав. кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА

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

Денисюк Сергій Петрович, д.т.н., професор, директор НН ІЕЕ

Попов Володимир Андрійович, д.т.н., професор, професор кафедри електропостачання НН ІЕЕ

Находов Володимир Федорович, д.т.н., доцент, доцент кафедри електропостачання НН ІЕЕ

Коцар Олег Вікторович, к.т.н., доцент, доцент кафедри електропостачання НН ІЕЕ

Розен Віктор Петрович, д.т.н., професор, професор кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів НН ІЕЕ

Шевчук Степан Прокопович, д.т.н., професор, професор кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів НН ІЕЕ

Програму рекомендовано:

Вченою радою факультету електроенергетехніки та автоматики

Голова вченої ради

протокол № 8 від « 29 » « 03 » 2022 р.

Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

Вченою радою навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту

Голова вченої ради

протокол № 9 від « 26 » « 04 » 2022 р.

Сергій ДЕНИСЮК