

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**  
Голова Предметної комісії  
Гарант освітньої програми  
Яндурський О.С.

« 23 » « *листопада* » 2021 р.

**ПОГОДЖЕНО:**  
Проректор з навчальної роботи  
Мельниченко Л.А.

н.п.

« \_\_\_\_ » « \_\_\_\_ » 2021 р.

**ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ІСПИТУ**

**для здобуття наукового ступеня доктор філософії  
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка**

*Програму рекомендовано вченими радами факультету  
електроенергетичної та автоматичної інженерії, інституту енергозбереження та  
енергоменеджменту*

Київ – 2021

## ЗМІСТ

1. Загальні відомості.....	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування, та навчально-методичні матеріали .....	4
3. Рейтингова система оцінювання.....	31
4. Приклад екзаменаційного білету.....	32

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії 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 чотириполюсників пасивних електричних кіл. Синтез безіндуктивних чотириполюсників 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 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. 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 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. Трубчасті 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 ізольованою 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 «ХПІ» – 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. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь; Подобр. ред. В.П. Ларионова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
5. Изоляция установок высокого напряжения: Учебник для вузов / Г.С. Кучинский, В.Е. Кизеветтер, Ю.С. Пинталь; Подобр. 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 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. 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. Электрооборудованиестанций 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.– 45б 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 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.

## ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3, ТЕМИ 3.2

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. Електричні 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 3.3. 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 напружені та ненапружені 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.

### **ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3, ТЕМИ 3.3**

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 ін. 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 САР. 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 зворотними зв'язками.

Поняття про стійкість лінійних систем. Теореми 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 згасання 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 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. 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 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 трансформатору.

- 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 взаємоіндуктивність обмоток. Магнітні потоки взаємоіндукції 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.

- Режим 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. Вольдек А.И. Электрические машины. -М.: Энергия, 1978 -832с.
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 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 термодіелектричних генераторів. Принцип дії термоелектричних генераторів і термохолодильників. Принцип дії компресорних і абсорбційних теплонасосних 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. – 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.

## **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 високовольтні 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 статичності типових 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 електроживлення 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 ПІД-регулятори. Програмовані логічні контролери.

### **Тема 7.14. Енергозбереження в енергетичних системах та комплексах**

7.14.1 Основні напрямки енергозберігаючої політики. Критерії вибору енергозберігаючих технологій. Основи 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. Арзамасцев Д.А., Липес А.В., Мызин А.Л. Модели и методы оптимизации развития энергосистем. М.: Высш.шк., 1987. – 272с.
2. Волькенау И.М., Зейпер А.Н., Хабачев Л.Д. Экономика формирования электроэнергетических систем. М.: Энергия, 1981. – 320с.
3. Гарляускас А.И. Математическое моделирование оперативного и перспективного планирования систем транспорта газа. – М.: недра, 1975. – 160с.
4. Дубинский В.Г., Дубинская Н.В. Экономика нефтепроводного транспорта. – М.: Недра, 1984. – 216с.
5. Елохин В.Р., Санеев Б.Г. Аппроксимация моделей энергетических систем. – Новосибирск: Наука, 1985. – 144с.
6. Кини Р. Размещение энергетических объектов: выбор решений. М.: Энергоиздат, 1982. – 358с.
7. Математический аппарат экономического моделирования / Под ред. Е.Г.Гольштейна. – М.: Наука, 1983. – 368с.
8. Мелентьев Л. А. Оптимизация развития и управления больших Систем энергетики. – М.: Высш.шк., 1982. – 320с.
9. Мелентьев Л. А. Системные исследования в энергетике. – М.: Наука, 1983. – 456с.

10. Методы и модели согласования иерархических решений/ Под ред. А.А. Макарова. - Новосибирск: Наука, 1979.- 240 с.
11. Методы исследования и управления системами энергетики / Л.С. Беляев, Н.И. Воропай, Ю.Д. Кононов и др. – Новосибирск.: Наука, 1987. – 274 с.
12. Кулик М.Н., Юфа А.И. и др. Оптимизация республиканского топливно-энергетического комплекса и отраслевых систем. Киев, Наукова думка, 1992, 210 с.
13. Праховник А.В., Розен В.П., Дегтярев В.В., Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий .-М.: Недра, 1985. – 232 с.
14. Промышленность Украины : путь к энергетической эффективности. – К . : ЕС – Energy Center Kiev , Ukraine , – 200 с .
15. Руденко Ю.Н., Ушаков И.А. Надежность систем энергетики.- М.: Наука, 1986. – 252 с.
16. Сухарев М.Г., Ставровский Е.Р., Брянских В.Е. Оптимальное развитие систем газоснабжения.- М.: Недра, 1981.- 294 с.
17. Теоретические основы системных исследований в энергетике / А.З. Гамм, А.А. Макров, Б.Г. Санеев и др. – Новосибирск: Наука, 1986. – 334 с.
18. Украина: энергосбережение в пищевой промышленности.- К.: ЕС – Energy Center Kiev, Ukraine, – 200 с.
19. Хрилев Л.С. Теплофикация и топливно-энергетический комплекс.- Новосибирск: Наука, 1979.- 280 с.
20. Экологические проблемы энергетики / А.А. Кошелев, Г.В. Ташкинова, Б.Б. Чебаненко и др. – Новосибирск: Наука, 1989. – 322 с.
21. Украина: энергетика и экономика / Стрелков М.Т. и др. – Киев: Энергетический центр ЕС в Украине, Программа ТАСИС – 1996.
22. 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.
23. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Энергосбережение – приоритетное направление государственной политики Украины. – К.: 1998. – 506 .
24. Энергетический менеджмент (TASIC) NOVEM, – 180 с.
25. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК ЭНЕРГО / Е.В. Бориченко, О.В. Горбунов, С.П. Денисюк, В.И. Дешко, О.А. Закладной, О.В. Коцар, В.Ф. Находов, В.В. Прокопенко, М.М. Шовкалюк // Под общ. ред. С.П. Денисюка. – К.: Наш формат, 2014. – 504с.

26. Теорія електроприводу. За ред. М.Г Поповича. - Київ: "Вища школа", 1993. – 495 с.
27. Ключев В. И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 697 с.
28. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клешков В.Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. – Київ, "Либідь", 2005. – 697 с.
29. Зеленов А.Б. Теория электропривода, ч. I, II. Алчевск, 2005, Ч.I. – 394 с, ч. II. – 512 с.
30. Костинюк Л.Д., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Моделювання електроприводів – Львів, НУ "Львівська політехніка", 2004. – 404 с.
31. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник. – Львів: НУ "Львівська політехніка" 2006. – 440 с.
32. Ильинский Н.Ф., Рожанковский Ю.В., Горнов А.О. Энергосбережение в электроприводе, М.: Энергоатомиздат, 1989.
33. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных установках. М.: Энергоатомиздат, 1998, – 200 с.
34. Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/ Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая шк., 1999. – 312 с.
35. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1990. – 336 с.
36. Прокопов А.А., Татаринцев Н.И., Цирлин Л.А. Компьютерные технологии автоматизации: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2001. – 75 с.
37. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн. 2. Приводы робототехнических систем: Учеб, пособие для вузов/ Ж.П. Ахромеев, Н. Д. Дмитриева, В. М. Лохин и др.; Под ред. И. М. Макарова. – М.: Высшая шк., 1986.
38. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин Н.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 767 с.
39. Півняк Г.Г., Волков О.В., Сучасні частотно-регульовані електроприводи зі широтно-імпульсною модуляцією: Монографія. – Дніпропетровськ, НГУ, 2006. - 470 с.
40. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления / Под ред. Егупова Н.Д. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

41. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. / Винница: "Универсум-Вінниця", 1999. – 320с.

42. Методы современной теории автоматического управления. Учебник в 5-и томах // Под редакцией Н.Д. Егупова. – М.: Из-во МГУ им. Баумана. 2004.

43. 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 .

44. 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.

45. 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.

46. 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:

<b>Бали</b>	<b>Оцінка</b>
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

\_\_\_\_\_ О.С.Яндульський

Київ 2021

## **РОЗРОБНИКИ:**

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

*Марченко Анатолій Андрійович, к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри автоматизації енергосистем ФЕА*

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

*Бардик Євген Іванович, к.т.н., професор, зав. кафедри електричних станцій ФЕА*

*Бржезицький Володимир Олександрович, д.т.н., професор, зав. кафедри техніки і електрофізики високих напруг ФЕА*

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

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

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

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

*Попов Володимир Андрійович, д.т.н., доцент, зав. каф. електропостачання ІЕЕ*

*Находов Володимир Федорович, д.т.н., доцент ІЕЕ*

*Коцар Олег Вікторович, к.т.н., доцент ІЕЕ*

*Розен Віктор Петрович, д.т.н., професор, зав. каф. автоматизації управління електротехнічними комплексами ІЕЕ*

*Шевчук Степан Прокопович, д.т.н., професор, зав. каф. електромеханічного обладнання енергоємних виробництв ІЕЕ*

**Програму рекомендовано:**

Вченою радою факультету електроенерготехніки та автоматики

Голова вченої ради \_\_\_\_\_ О.С.Яндульський  
протокол № \_\_\_\_\_  
від « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2021 р.

Вченою радою інституту енергозбереження та енергоменеджменту

Голова вченої ради \_\_\_\_\_ С.П.Денисюк  
протокол № \_\_\_\_\_  
від « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2021 р.