

# ПРОГРАМА

вступного іспиту до аспірантури  
зі спеціальності 141 — «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

В основу програми покладені основні питання нормативних та професійно-орієнтованих дисциплін освітньої програми підготовки магістрів із спеціальності 141 — «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

## 1. Теоретична електротехніка

Електричні і електронні кола в системах передачі і перетворення енергії і інформації. Класифікація кіл і їх елементів. Багатофазні кола. Розрахунок симетричних і несиметричних трифазних кіл. 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. Застосування перетворень Лапласа і Фур'є для розрахунку перехідних процесів. Наближені і числові методи спектрального аналізу. Зв'язок перехідних і частотних характеристик. Кола з розподіленими параметрами. Основні рівняння довгих ліній і їх розв'язок для усталених синусоїдних коливань. Перехідні процеси в колах з розподіленими параметрами.

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

Основні вектори і основні рівняння електромагнітного поля. Системи рівнянь Максвелла. Електродинамічні потенціали. 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 краєвих задач: метод сіток, метод кінцевих елементів. Стаціонарні електричні і магнітні поля. Основні рівняння поля. Диференціальна форма законів Ома, Ленца-Джоуля, Кірхгофа. Змінне електромагнітне поле в провідному середовищі. Хвилі в провідних середовищах. Поверхневий ефект. Моделювання змінних полів в провідних середовищах. Електромагнітні хвилі і випромінювання. Хвильове рівняння і його розв'язок. 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. Чисельні методи розрахунку нестационарних полів. Електромагнітні поля в рухомих середовищах. Основні рівняння магнітної гідродинаміки.

## 2. Електричні машини й апарати

Принцип дії машин постійного струму. Електромеханічні і механічні характеристики двигунів постійного струму незалежного збудження та визначення параметрів за даними каталогу. Гальмівні режими роботи двигунів постійного струму незалежного збудження, способи регулювання швидкості.

Принцип дії асинхронної машини. Асинхронні двигуни у нерегульованому електроприводі. Характеристики асинхронних двигунів з фазним ротором. Механічні характеристики асинхронних двигунів з фазним ротором, гальмівні режими (режим рекуперативного гальмування, гальмування у режимі проти включення, динамічне гальмування). Основні методи регулювання швидкості асинхронних двигунів з фазним ротором. Особливості роботи асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором.

Механічні характеристики і регулювання швидкості синхронного двигуна, способи запуску, гальмівні режими.

Багаторівнева структура електропривода. Частотно-регульований електропривод. Асинхронний електропривод з фазовим керуванням. Електропривод за схемами "Вентильний двигун", Вентильно-індукторний двигун, тиристорний перетворювач - двигун постійного струму. Перетворювачі на керованих електронних приладах. Основні функції і структури автоматичного управління електроприводом. Типові, функціональні схеми і типові системи, що здійснюють автоматичний пуск, стабілізацію швидкості, реверс і зупинку електродвигунів. Давачі систем електроприводу. Векторне керування. Нечіткі системи керування електроприводом. Тенденції розвитку сучасного електропривода.

Структурні схеми основних систем електропривода. Перехідні процеси двигунів з лінійною характеристикою. Перехідні процеси при запуску і гальмуванні. Замкнута система управління електроприводом з підсумовуванням сигналів. Система підпорядкованого регулювання координат. Формування оптимальних управляючих впливів.

Принципи роботи й головні конструктивні елементи трансформаторів. Магнітні системи і способи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів. Холостий хід трифазного трансформатора, коротке замикання, робота під

навантаженням, паралельна робота трансформаторів, перехідні режими роботи, спеціальні типи трансформаторів.

### **3 Електротехнічні комплекси та системи**

Вимоги до систем електропостачання загального призначення. Основні характеристики електроприймачів. Режими роботи електроприймачів. Принципи побудови систем електропостачання. Методи оптимізації систем електропостачання, критерії оптимізації. Характерні схеми електричних систем електропостачання. Вибір напруги в системах електропостачання (по галузях). Скорочення числа трансформації, вибір кількості трансформаторів. Блукаючі струми і корозія підземних споруд. Захист від блукаючих струмів.

Оцінювання струмів короткого замикання, вибір параметрів електричних апаратів захисту та передаючих елементів. Принципи автоматичного повторного включення. Якість електричної енергії. Вплив якості електроенергії на споживання електроенергії і на продуктивність механізмів і агрегатів (по галузях). Електромагнітна сумісність приймачів електричної енергії з мережею живлення.

Основні чисельні оцінки режимів роботи систем електропостачання, методи оцінювання електричного навантаження за тривалим нагрівом. Оцінювання параметрів ненормальних режимів роботи систем електропостачання. Технічні засоби регулювання напруги. Централізоване регулювання напруги. Залежність відхилення напруги від характеристик системи електропостачання.

Компенсація реактивної потужності в системах електропостачання. Конденсатор як джерело реактивної потужності. Конденсаторні установки. Розрахунок джерел реактивної потужності великого підприємства. Розрахунок потужності компенсуючого пасивного пристрою.

Показники якості електричної енергії в системах електропостачання. Відхилення напруги. Коливання напруги. Відхилення частоти. Несинусоїдальність напруги. Джерела вищих гармонік. Асиметрія напруги. Провали напруги. Тимчасова перенапруга.

Облік електроенергії в електричних системах. Аналіз похибок при вимірюванні величин споживаної електроенергії. Вимірювальні трансформатори. Трансформатори напруги. Трансформатори струму. Автоматизовані системи контролю та управління електроспоживанням.

Енергозбереження і енергоаудит в системах електропостачання. Організаційні заходи економії електроенергії. Технічні заходи економії електроенергії. Правові заходи економії електроенергії.

Основні технології перетворення відновлювальних видів енергії. Загальна характеристика відновлювальних джерел енергії. Сонячні силові установки. Використання енергії хвиль. Застосування вітроенергетичних установок.

### **4. Електричні станції, мережі і системи**

Електроенергетичні системи. Основні поняття і визначення. Електричні станції, електричні мережі, споживачі електричної енергії як елементи електроенергетичної системи (ЕЕС). Системний підхід і великі системи. Ієрархічна будова ЕЕС. Організація управління ЕЕС. Сучасні автоматизовані системи диспетчерського управління. Електротехнічні задачі розв'язувані для диспетчерського управління режимами ЕЕС.

Методи прогнозування розвитку енергетики. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Основні типи задач розвитку енергосистем. Методи визначення розрахункових електричних навантажень промислових підприємств міст і сільського господарства. Розміщення електростанцій. Оптимізація структури мереж.

Особливості оптимізації ЕЕС. Графік електричних навантажень. Участь електростанцій в покритті графіків навантажень. Вибір оптимального складу агрегатів.

Класифікація електричних мереж. Відомості про умови роботи та конструктивне виконання ліній електричних мереж. Режими заземлення нейтралей в мережах різної напруги. Елементи електричної мережі, їх характеристики і параметри схем заміщення.

Аналіз сталих режимів електричних мереж. Методи вузлових напруг і контурних струмів. Нелінійні рівняння сталого режиму. Розрахунки режимів складних електричних мереж чисельними методами.

Елементи проектування електричних мереж. Основи техніко-економічних розрахунків електричних мереж. Вибір перерізів провідників. Вибір схем побудови мереж.

Випадкові події в електроенергетиці. Використання математичної статистики в електроенергетиці. Випадкові процеси в електроенергетиці, поняття про простий стаціонарний процес. Елементи теорії масового обслуговування. Метод Монте-Карло, застосований до електроенергетичних задач. Методи обробки результатів експериментів і їх планування.

Основи теорії стійкості. Алгебраїчні критерії стійкості. Частотні критерії стійкості. Виділення областей стійкості.

Основи лінійного математичного програмування. Метод невизначених множників Лагранжа. Використання градієнтних методів і методів пошуку для вирішення задач нелінійного програмування. Числові методи розв'язку задач нелінійного програмування. Умовна оптимізація, метод штрафних функцій. Методи розв'язку дискретних задач оптимізації. Динамічне програмування. Оптимізація за кількома критеріями.

Задачі управління енергетичною системою і її елементами. Основні положення теорії інформації. Якісна і кількісна сторони (аспекти) інформації. Принципи побудови інформаційно-керуючих систем. Релейний захист електроенергетичних систем; функції, властивості і принципи дії, засоби реалізації. Захист електричних мереж. Захист синхронних генераторів, трансформаторів і шин електростанцій і підстанцій. Первинні вимірювальні перетворювачі для пристроїв захисту і автоматики і особливості їх роботи в сталих і перехідних режимах. Функціональна надійність пристроїв захисту і автоматики.

## 5. Напівпровідниковий перетворювачі електроенергії

Випрямлячі. Класифікація. Основні конструктивні вузли. Типи анодних трансформаторів.

Порядок перерахунку параметрів первинної обмотки у вторинну. Роль індуктивності розсіювання і її фізична суть. Випрямлячі однофазні - однофазні і багатофазні. Особливості роботи на R- навантаження. Часові діаграми. Розрахунок співвідношень, зв'язуючи випрямлене напруження з діючим значенням  $e_{r.c}$  трансформатора. Поняття про коефіцієнт зворотного напруження.

Однофазні випрямлячі з R- навантаженням. Розрахунок співвідношень для випрямленого струму. Розрахункові потужності обмоток трансформатора. Коефіцієнт використання трансформатора. Регульовальна і зовнішня характеристики. Системи керування керованими випрямлячами. Побудова систем імпульсно-фазового керування.

Трифазний мостовий перетворювач. Однофазний регульований перетворювач. Несиметричний перетворювач. Частотний перетворювач струму. Тиристорні перетворювачі в системах електропостачання. Багатопульсні схеми. Сгладжувальні фільтри. Імпульсні перетворювачі. Понижуючі перетворювачі. Підвищуючі перетворювачі. Перетворювачі на основі квазірезонансу.

Стабілізатори струму і напруги. Класифікація. Основні характеристики. Параметричні стабілізатори (на кремнієвих стабілітронах, ферорезонансні). Розрахунок коефіцієнта стабілізації. Принципи побудови компенсаційних транзисторних стабілізаторів. Вимоги до джерела опорного напруження. Схеми низьковольтних і високовольтних компенсаційних стабілізаторів. Коефіцієнт стабілізації. Імпульсні стабілізатори напруги. Імпульсний спосіб регулювання напруги. Безтрансформаторні імпульсні джерела живлення. Розрахунок зовнішньої характеристики автономного інвертора струму. Розрахунок характеристики вхідного струму. Порядок розрахунку автономного інвертора струму.

Інвертор струму по 3-х фазній мостовій схемі. Побудова струмів в навантаженні при з'єднанні в зірку і трикутник при різних кутах провідності вентилів. Основні розрахункові співвідношення.

Інвертори напруги. Схеми однофазного тиристорного моста. Особливості комутації. Накопичення енергії в комутуючих дроселях. Трифазний інвертор на транзисторах. Особливості роботи при різних кутах провідності транзисторів.

Способи регулювання вихідної напруги автономний інвертор напруги, автономний інвертор струму. Силові напівпровідникові елементи регульованого електропривода.

Розрахунок мережевих фільтрів. Широкополосні фільтри. Визначення параметрів фільтросиметруючого пристрою. Фільтрокомпенсуючі напівпровідникові пристрої. Системи активної корекції коефіцієнту потужності. Системи керування активними коректорами коефіцієнту потужності та фільтрокомпенсуючими пристроями.

## Література

1. Москаленко В.В. Электрический привод. - М.: Высшая школа, 1991.-430 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 560 с.
3. Теорія електропривода: Підручник /М.Г. Попович, М.Г. Борисик, В.А. Гаврилюк та ін. за ред. М.Г. Поповича. - К.: Вища школа, 1993.
4. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. - К.: «Либідь», 1997. - 544 с.
5. Величко Т.В., Фодькин Д.И. Теория электропривода. - Кременчуг: КГПИ, 1999. - 237 с.
6. Закладной А.Н., Праховник А.В., Соловей А.И. Энергосбережение средствами электропривода.- Киев, 2001.
7. Динамика вентильного электропривода постоянного тока. Под ред. А.Д.Поздеева – М.: Энергия, 1975, 223 с. Быков Ю.М. Помехи в системах с вентильными преобразователями. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с.
8. Булгаков А.А. Новая теория управляемых выпрямителей. – М.: Наука, 1970. – 320 с.
9. Булгаков А.А. Исследование квазинепрерывных систем. – М.: Наука, 1973. – 101 с.
- 10.Буранов С.Н., Горохов В.В., Репин П.Б. Квазирезонансный преобразователь для зарядки высоковольтных емкостных накопителей // Приборы и техника эксперимента. – 1999. - № 2. – с.84 – 87.
- 11.Волков И.В., Губаревич В.Н., Спиринов В.М. Источники электропитания на основе квазирезонансного инвертора для систем зажигания газотурбинных двигателей // Технічна електродинаміка. Тем.вип. “Проблеми сучасної електротехніки”. – 2000. –Ч.4. – с.96 – 99.
- 12.Денисов Ю.А. Стабилизаторы постоянного напряжения с широтно-импульсными и частотно-импульсными преобразователями. – К.: Изд. ин-та электродин. НАНУ, 2001, - 147 с.
- 13.Wen Fang Xie, A.V. Rad. Fuzzy adaptive internal model control // IEEE Transactions of Industrial Electronics. – 2000. – Vol. 47. – p. 143-2002
- 14.Zheng T., Chen D., Lee F. C. Variations of quasi-resonant DC/DC converter topologies. IEEE PESC Record. – 1986, P. 381 – 392
- 15.Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной
- 16.техники. – М.: Высшая школа, 1980. – 423с.
- 17.Энергетическая электроника. Справочник / под.ред. В.А.Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 18.Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.: Высшая школа,1982.
- 19.Руденко В.С., Сенько В.И., Трифонюк В.В. Приборы и устройства промышленной электроники. – К.: Техника, 1990.
- 20.Arrillaga J. Power system harmonics./ Arrillaga J, Watson N.- Wiley.: 2003.-412p
- 21.ТИЭР 4, 1988, том 76. Тематический выпуск. Энергетическая электроника.
- 22.Akagi H. Trends in active power line conditioners / H. Akagi // IEEE Trans. Power Electron. – 1994. – Vol. 9, No. 3. – P. 263-268.
- 23.Acha E. Power Electronic Control in Electric / Acha E., Anaya-Lara O., Agelidis V.G. // Newness Power Eng. 1st ed. – New York: Oxford, 2002. – 277
- 24.Нейман Л.Р., Демирчан К.С., Теоретические основы электротехники. М., Энергия, 1975, 570 с.

25. Бессонов Л.А. Теоретичні основи електротехніки (Електричне поле), М:Вища школа, 1973, 370 с.
26. Пиотровский Л.М. Электрические машины. –Л.: «Энергия», 1975, 504 с.
27. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1991.
28. Перхач В.С. Теоретична електротехніка. К.: Вища школа, 1992.- 439С.
29. Кузнецов В.Г., Тугай Ю.И., Баженов В. А. Оптимизация режимов электрических сетей. - К.: Наукова думка, 1992.
30. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г., Николаенко В.Г. Оптимизация несимметричных режимов систем электроснабжения. - К.: Наукова думка, 1987.
31. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. -М.: Энергия, 1970.
32. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем.-М.: Энергия, 1976.