

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАН УКРАЇНИ**

*Затверджено на засіданні Вченої
ради ІЕД НАН України
протокол № 5 від 09.09.2021 р.*

**ПРОГРАМА ВСТУПНОГО
ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ**

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

Галузь знань	14 – Електрична інженерія
Спеціальність	141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація	Електричні станції, мережі та системи

Програму підготували:

академік НАН України,	
д-р техн. наук, проф.	А.Ф. Жаркін,
д-р техн. наук, проф.	О.Ф. Буткевич,
д-р техн. наук, ст.н.с.	І.В. Блінов,
д-р техн. наук, ст.н.с.	Ю.І. Тугай

м. Київ 2021 р.

Розділ I. Загальні положення теоретичної електротехніки.

1.1. Методи розрахунку електричних кіл.

Основні властивості лінійних електричних кіл. Метод рівнянь Кірхгофа. Метод вузлових потенціалів і контурних струмів. Метод перетворення схем. Принцип накладання. Властивість взаємності. Метод еквівалентного генератора. Теорема про компенсацію. Теорема про взаємні прирости між струмами та напругами.

1.2. Двополюсники та чотириполюсники.

Активний та пасивний двополюсники. Передача енергії від активного двополюсника до пасивного. Чотириполюсники та їх основні рівняння. Експериментальне визначення сталих чотириполюсника. Метод холостого ходу і короткого замикання.

1.3. Розрахунок кіл змінного струму.

Синусоїдальний струм в опорі, індуктивності, ємності. Резонанс в електричних колах. Передача енергії у випадку синусоїдального струму та напруги. Вільні коливання. Вимушені коливання. Вимушені коливання в нерозгалуженому колі. Аперіодичний і коливальний розряд конденсатора. Незатухаючі коливання. Рівняння стану для електричних кіл у комплексній формі. Векторні і топографічні діаграми. Аналіз кіл за умови зміни параметрів. Кругові діаграми. Вираз потужності в комплексній формі. Активна, реактивна і повна потужності. Коефіцієнт потужності.

1.4. Магнітні кола.

Передача енергії між індуктивно-пов'язаними елементами кола. Теорія трансформатора. Розрахунки електричних кіл з трансформаторами. Поверхневий ефект і вихрові струми. Втрати в сталі на гістерезис і на вихрові струми. Залежність втрат у сталі від частоти.

1.5. Багатофазні кола.

Властивості багатофазних кіл з різними схемами з'єднань. Розрахунок симетричних режимів трифазних кіл. Розрахунок несиметричних режимів. Метод симетричних складових. Властивості трифазних кіл по відношенню до симетричних складових струмів і напруг. Розрахунок кола з несиметричним навантаженням. Розрахунок несиметричних струмів короткого замикання. Потужність трифазного кола, виражена через симетричні складові. Фільтри для виділення симетричних складових струмів та напруг.

1.6. Несинусоїдальні змінні струми.

Розкладання періодичної несинусоїдальної функції у тригонометричний ряд. Максимальні, діючі та середні значення несинусоїдальних періодичних ЕРС і струмів. Розрахунок кіл з несинусоїдальними ЕРС і струмами. Резонанс у випадку несинусоїдальних ЕРС і струмів. Активна, реактивна і повна потужності.

1.7. Нелінійні електричні кола.

Кола змінного струму з нелінійними елементами. Нелінійні реактивні опори (індуктивні, ємнісні). Термоопори. Явище ферорезонансу.

1.8. Кола з розподіленими параметрами.

Струми і напруги в протяжних лініях. Характеристики однорідної лінії з втратами і без втрат. Лінія як чотириполюсник. Характеристичний опір і коефіцієнт поширення симетричного чотириполюсника. Ланцюгові схеми.

1.9. Перехідні процеси.

Розрахунок перехідних процесів в електричних колах із зосередженими параметрами класичним методом. Перетворення Лапласа. Операторний метод розрахунку перехідних

процесів. Розрахунок перехідних процесів методом інтегралу Фур'є. Зв'язок між частотними і часовими характеристиками. Методи розрахунку перехідних процесів у нелінійних колах. Перехідні процеси в колах із сталлю.

1.10. Синтез електричних кіл.

Постановка задачі синтезу кола. Властивості вхідних і передаточних функцій.

1.11. Електричне поле.

Рівняння електричного потенціального поля. Поле двопровідної лінії передачі.

1.12. Постійне магнітне поле.

Постійне магнітне поле лінійних проводів. Магнітне поле колового струму. Розрахунок коефіцієнтів само- і взаємоіндукції для колового контуру, двох паралельних проводів, трифазної лінії.

1.13. Електромагнітне поле.

Енергія електромагнітного поля. Теорема Умова-Пойнтінга. Потік електромагнітної енергії. Рівняння Максвелла в комплексній формі.

1.14. Електромагнітні хвилі.

Рух електромагнітної енергії вздовж проводів лінії передачі. Відбиття та заломлення електромагнітних хвиль. Електромагнітне екранування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко В.С., Бойко В.В, Видолоб Ю.Ф., Курило І.А., Шеховцов В.І., Шидловська Н.А. Теоретичні основи електротехніки. Том 1. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. Київ: Політехніка, 2004. 272 с.
2. Бойко В.С., Бойко В.В, Видолоб Ю.Ф., Курило І.А., Шеховцов В.І., Шидловська Н.А. Теоретичні основи електротехніки. Том 2. Перехідні процеси у лінійних електричних колах із зосередженими параметрами. Нелінійні та магнітні кола. Київ: НТУУ «КПІ», 2008. 224 с.
3. Бойко В.С., Бойко В.В, Видолоб Ю.Ф., Курило І.А., Шеховцов В.І., Шидловська Н.А. Теоретичні основи електротехніки. Том 3. Електричні кола з розподіленими параметрами. Теорія електромагнітного поля. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. 244 с.
4. Щерба А.А., Курило І.А., Кудря Є.А., Намацалюк І.Н., Чибеліс В.І., Перетятко Ю.В. Лінійні електричні кола синусоїдного та періодичного несинусоїдного струмів. Київ: Лазурит-Поліграф 2012. 249 с.
5. Чабан, Василь. Електромагнітні процеси [Текст] : [навч.-наук. посіб.] / Василь Чабан. - Львів : Простір М, 2017. - 411
6. Щерба А.А., Антамонов В.Х., Курило І.А., Корощенко О.В., Денник В.Ф. Теоретичні основи електротехніки. Збірник задач олімпіад. Посібник для вищих навчальних закладів. Київ, ТОВ "Наш Формат", 2016. – 190 с.
7. Щерба А.А., Рябенський В.М., Кучеренко М.Є., Победаш К.К., Чибеліс В.І. та ін. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп'ютерних технологій. Навч. методич. посібник. Київ: "Корнійчук", 2007. – 488 с.
8. Щерба А.А., Поворознюк Н.І. Електротехніка. Ч. 1. Електричні кола. Київ: ТОВ "Лазурит-Поліграф", 2011. – 384 с.

Розділ 2. Електричні станції, мережі та системи - характеристика елементів, моделей та методів розрахунку режимів ЕЕС.

2.1. Загальна характеристика електроенергетичної системи (ЕЕС) та її режимів. Електротехнічні задачі, розв'язувані для диспетчерського керування режимами ЕЕС.

2.2. Загальна характеристика джерел електричної енергії. Теплові електростанції. Атомні електростанції. Гідравлічні та гідроакумуючі електростанції.

2.3. Відновлювані джерела електричної енергії. Класифікація та особливості функціонування станцій з відновлюваними джерелами електричної енергії. Перспективи розвитку «зеленої» електроенергетики.

2.4. Типи та загальна характеристика споживачів електричної енергії. Склад вузлів комплексного навантаження. Споживачі активної та реактивної потужностей. Графіки електричних навантажень.

2.5. Класифікація електричних мереж. Загальна характеристика елементів електричних мереж і систем електропостачання.

2.6. Аварійні режими ЕЕС. Метод симетричних складових для аналізу несиметричних аварійних режимів. Схеми заміщення елементів ЕЕС для розрахунку аварійних режимів. Загальна характеристика методів розрахунку аварійних режимів в складних об'ємних електричних мережах.

2.7. Усталені режими і стійкість ЕЕС. Моделі та схеми заміщення елементів ЕЕС для аналізу усталених режимів та стійкості. Спрощені рівняння перехідних електромеханічних процесів в ЕЕС. Структура схеми і рівняння систем регулювання. Статична стійкість ЕЕС. Динамічна стійкість ЕЕС. Загальна характеристика методів розрахунку усталених режимів та стійкості складних ЕЕС. Засоби забезпечення стійкості ЕЕС. Перехідні процеси, які викликає раптовий небаланс активної потужності.

2.8. Показники якості електричної енергії. Засоби забезпечення потрібної якості напруги. Оптимізація режимів ЕЕС. Регулювання частоти в ЕЕС.

2.9. Техніко-економічні основи проектування систем електропостачання. Показники надійності електричних мереж. Розрахунок показників надійності електричних мереж. Заходи по забезпеченню достатнього рівня надійності електропостачання. Показники надійності (безперервності) електропостачання споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи : підручник. Львів : Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2009. 488 с.

2. Електричні мережі систем електропостачання : навч. посіб. / Г.Г. Півняк та ін.; за ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. 316с.

3. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Режими роботи розімкнених мереж : навч. посіб. з дисципліни для всіх форм навчання та студентів іноземців напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології". Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 130с.

4. Журахівський А. В., Кінаш Б. М., Пастух О. Р. Надійність електричних систем і мереж: навч. посіб. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2012. 280 с.

5. Правила улаштування електроустановок : затв. наказом Міністерства енергетики України від 21 липня 2017 р. №476. Київ : Міністерство енергетики України, 2017. 620 с.

6. Грицюк І.В. Електричні системи і мережі : конспект лекцій для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання. Луцьк : Луцький НТУ, 2016. 76 с.

7. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: Навч. посіб. – Львів: "Магнолія 2006", 2018. – 188 с.

8. Електричні мережі з відновлювальними джерелами енергії [Текст] : навч. посіб. для

студентів напряму "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Добровольська Л. Н. [та ін.]; [під ред. Л. Н. Добровольської]; Луц. нац. техн. ун-т. - Луцьк : РВВ Луц. НТУ, 2016. 351 с.

9. ISBN 978-617-672-1472-0.

10. Кирик, В. В. Електричні мережі та системи [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. В. Кирик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,62 Кбайт). – Київ : Політехніка, 2021. – 324 с. – ISBN 978-966-990-031-9

11. Буткевич О.Ф., Кириленко О.В., Леньга О.В., Лук'яненко Л.М., Павловський В.В., Стелюк А.О., Чижевський В.В. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань / За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.

12. Авраменко В.М., Прихно В.Л., Мартинюк О.В., Юнєєва Н.Т. Адаптивні засоби забезпечення стійкості та живучості об'єднаної енергосистеми України. / Інститут електродинаміки НАН України/ – Київ. ТОВ Артмедіа прінт 2016. – 100 с.

13. Жаркін А.Ф., Палачов С.О., Новський В.О. Нормативно-правове регулювання якості напруги в електричних мережах з джерелами розосередженої генерації. Київ, Інститут електродинаміки НАН України. 2018. – 161 с.

14. Жаркин А.Ф., Денисюк С.П., Попов В.А. "Системы электроснабжения с источниками распределенной генерации" / К.: Наукова думка. – 2017. – 230 с.

Розділ 3. Інформатизація, контроль та керування електричними об'єктами, мережами та системами.

3.1. Основні положення теорії інформації. Якісна і кількісна оцінка інформації.

3.2. Принципи побудови інформаційно-керуючих систем. Перетворення та цифрова обробка сигналів.

3.3. Побудова, структура та інформаційне забезпечення мікропроцесорних систем в електроенергетиці.

3.4 Цифрові системи передачі інформації. Принципи побудови, функціонування експертних систем та їх застосування в енергетиці.

3.5. Застосування теорії графів для розв'язку задач електроенергетики. Автоматичні та автоматизовані системи в електроенергетиці.

3.6. Структура і принцип диспетчерського управління електроенергетичними системами (ЕЕС). Довготермінове і короткотермінове планування режимів. Оперативне управління нормальним режимом, запобігання і ліквідація аварій.

3.7. Сучасні автоматизовані системи диспетчерського управління (АСДУ) ЕЕС. Автоматизовані системи диспетчерського управління ЕЕС.

3.8. Сучасні автоматизовані системи керування сегментами ринку електричної енергії.

3.8. Оптимізація енергетичних режимів ЕЕС. Регулювання напруги та оптимізація електричних режимів ЕЕС. Регульовані конденсаторні батареї. Автоматичне регулювання збудження синхронних машин. Типи регуляторів збудження. Групове регулювання збудження.

3.9. Автоматичне регулювання частоти та активної потужності в ЕЕС. Протиаварійне управління в ЕЕС. Автоматичне частотне розвантаження, автоматика запобігання порушення стійкості, автоматика ліквідації асинхронного режиму.

3.10. Релейний захист. Призначення. Склад. Основні види пошкоджень, на які реагує РЗ.

Принципи дії систем захисту. Струмові, дистанційні, диференційні системи захисту. Области використання. Датчики інформації пристроїв РЗ та автоматики, трансформатори струму та напруги, фільтри симетричних складових. Основні види релейного захисту магістральних ліній електропередачі та розподільчих мереж. Виконання пристроїв основного та резервного захистів генераторів, трансформаторів та блоків генератор-трансформатор, захисту збірних шин та електродвигунів.

3.11. Електричні розподільчі мережі як канали зв'язку. Системи телемеханіки.

3.12. Концепція SmartGrid та основні стандарти інформаційного обміну в електроенергетичних системах.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. Яндутьський О.С., Дмитренко О.О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндутьський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндутьського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 102 с. – Бібліогр.: с. 92 – 102.
4. Оптимізація режимів електроенергетичних систем. Навч. посібник / Журахівський А.В., Жежеленко І.В., Данилюк О.В. - Видавництво Приазовського державного технічного університету, 2000. – 109 с.
5. Надійність електричних систем і мереж: навч. посібник / А.В. Журахівський, Б.М. Кінаш, О.Р. Пастух. – 2-ге вид., доп. і перероб. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 280 с.
6. Падалко А.М. Падалко Н.Й. Програмне забезпечення задач електроенергетики. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з використанням Mathcad для студентів спеціальності 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” заочної форми навчання. Луцьк. – 2014. 66 с.
7. Варезький Ю.О., Карач Л.В. Оперативно-диспетчерське керування електроенергетичними системами. — Львів, Вид. Національного ун-ту «Львівська політехніка». 2002. -160 с.
8. Мікропроцесорна техніка [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. – Електронні текстові дані (2 файли: 7,01 Мбайт; 6,79 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2014. – 184 с.
9. Казанський, С. В. Надійність електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, Б. М. Сердюк; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 6,95 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с. – Назва з екрана. ISBN 978-966-622-453-1.
10. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є., Гунько І. О. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії - Вінниця : ВНТУ, 2018. - 174 с.
11. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. Під заг. Ред. Акад. НАН України Кириленко О.В.. К.: Ін-т електродинаміки НАН України. 2016. 400 с.
12. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы. Под общ. ред. акад. НАН Украины А.В. Кириленко. К.: Ин-т электродинамики НАН Украины. 2014. 408 с.
13. IEC/TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap. 2017. 315 p.