

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**



"ЗАТВЕРДЖУЮ"

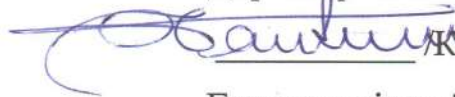
Ректор НУБІП України
професор **С. Ніколаєнко**

24 жовтня 2024 р.

**ПРОГРАМА
ВСТУПНИХ ВИПРОБУВАНЬ**

з комплексу фахових дисциплін для вступників на освітньо-наукову програму "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" підготовки фахівців PhD доктор філософії із спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Директор ННІ

 /Коплун В.В./

Гарант освітньої програми

 /Заблудський М.М./

Київ – 2024

ВСТУП

Мета вступного іспиту в аспірантуру зі спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» - це визначення фактичної відповідності рівня освітньої (кваліфікаційної) підготовки випускників ЗВО вимогам наукової підготовки за обраним фахом. Вступ до аспірантури за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» здійснюється на засадах вступних іспитів на загальних підставах, передбачених чинним законодавством на момент проведення вступних випробувань. Вступний іспит в аспірантуру зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» проводиться для вступників, які здобули ступінь магістра (освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліста).

Вступний іспит проводиться у комбінованій формі (письмова та усна). Складається з трьох теоретичних питань (письмова) та співбесіди. На надання письмової відповіді вступнику відводиться 2 години.

ОПИС ОСНОВНИХ РОЗДІЛІВ ТА ЇХ КОРОТКИЙ ЗМІСТ

З метою складання вступного іспиту для зарахування на навчання на здобуття ступеня доктор філософії вступник повинен підготуватися за наступними п'ятьма розділами.

РОЗДІЛ 1.

Теоретична електротехніка

1.1 Аналіз лінійних електричних кіл

Основні поняття та закони теоретичної електротехніки. Властивості простих електричних кіл. Основні теореми теорії електричних кіл щодо: компенсації, еквівалентних джерел енергії, входних і взаємних приростів струмів та напруг, лінійних співвідношень між напругами та струмами в електричних колах. Методи розрахунку складних електричних кіл на підставі законів Кірхгофа та Ома, контурних струмів, вузлових напруг, накладання. Потужність електричного кола з синусоїдними сигналами.

1.2 Резонансні явища та перехідні процеси

Особливості резонансу напруг і резонансу струмів в електричних колах. Частотні характеристики послідовного і паралельного коливальних контурів. Закони комутації в електричних колах з резистивним, індуктивним та ємнісним опорами. Методика визначення початкових умов комутації. Розрахунок перехідних процесів в колах першого порядку класичним методом. Узагальнена формула розрахунку. Методи складання рівнянь стану електричних кіл та процесів. Особливості розрахунку перехідних процесів в колах з нелінійними елементами. Метод перетворення Лапласа. Операторна схема заміщення електричного кола в перехідному процесі та знаходження операторних зображень струмів та напруг. Перехідні процеси в послідовному R, L, C колі. Алгоритм та приклади розрахунку перехідних процесів операторним методом. Дослідження перехідних процесів в колі другого порядку - коливальний, аперіодичний, граничний режими.

1.3 Електричні кола з індуктивними зв'язками, несинусоїдними періодичними ЕРС, напругами та струмами

Послідовне та паралельне з'єднання індуктивно зв'язаних котушок. Розрахунок кіл з індуктивно зв'язаними елементами. Передача потужності потоком взаємодукції (баланс потужностей кола). Використання рядів Фур'є. Дієве та середнє значення періодичних несинусоїдних функцій часу. Потужність в колах несинусоїдного струму. Коефіцієнти періодичності несинусоїдної кривої. Розрахунок кіл несинусоїдного струму. Резонанс у колах несинусоїдного струму.

1.4 Трифазні електричні кола

Принцип створення багатофазної системи ЕРС. Симетричні системи ЕРС, напруг, струмів. Врівноваженість симетричної трифазної системи. Схеми з'єднання елементів трифазної системи. Розрахунок симетричних кіл. Метод симетричних складників. Трифазна потужність в симетричному і несиметричному колах. Пульсуюче і обертове магнітні поля.

1.5 Основи теорії електромагнітного поля

Закон повного струму. Постулат Максвелла (теорема Гауса-Остроградського). Закон безперервності магнітного поля. Закон збереження заряду. Закон безперервності електричного струму.

РОЗДІЛ 2.

Елементи електротехнічних систем

2.1 Електромагнітні перетворювачі

Основні типи трансформаторів та галузі їх застосування. Принципи дії трансформаторів. Фізичні процеси в ідеальних і реальних трансформаторах. Рівняння приведенного трансформатора. Еквівалентні схеми трансформатора. Трифазні трансформатори. Особливості холостого ходу трифазних трансформаторів. Зовнішня характеристика трансформаторів. Регулювання напруги силових трансформаторів. Автотрансформатори, вимірювальні трансформатори. Реактори для кіл змінного та випрямного струму.

2.2 Електричні машини

Призначення і класифікація електричних машин. Асинхронні машини. Призначення та галузь застосування асинхронних машин. Електромагнітний момент, втрати енергії, коефіцієнт корисної дії. Механічна та електромеханічна характеристики. Засоби регулювання швидкості. Рівняння електромагнітного стану. Синхронні машини. Призначення та галузь застосування синхронних машин. Принцип дії та будова синхронних машин. Електромагнітний момент. Кутова та U – подібна характеристики. Механічна характеристика. Засоби регулювання швидкості. Вимоги до систем збудження синхронних машин. Синхронні генератори. Машини постійного струму. Призначення, галузь застосування та принцип дії машин постійного струму. Будова машин постійного струму. Основні електромагнітні співвідношення машин постійного струму. Магнітне поле машин постійного струму. Механічна та електромеханічна характеристики машин постійного струму з паралельним,

послідовним та змішаним збудженнями. Засоби регулювання швидкості. Математичний опис і моделювання електричних машин.

2.3 Напівпровідникові перетворювачі енергії

Некеровані випрямлячі, схеми та режими роботи випрямлячів однофазного і трифазного струмів. Трифазна мостова схема, багатопульсні та багатofазні випрямлячі. Керовані випрямлячі та ведені мережею інвертори. Автономні інвертори напруги та струму. Багаторівневі інвертори. Перетворювачі частоти низької та середньої напруги. Активні випрямлячі напруги та струму. Напівпровідникові перетворювачі постійного та змінного струму. Фільтро-компенсувальні пристрої та силові активні фільтри. Схеми керування напівпровідниковими перетворювачами.

2.4 Електричні апарати та основи електроприводу

Типи електричних апаратів. Класифікація за напругою і функціями. Принципи комутації та дугогасіння. Низьковольтні апарати: комутаційні, керування та захисту, реле. Високовольтні апарати. Безконтактні апарати. Визначення та структура електроприводу. Класифікація електроприводів. Класифікація моментів опору, кінематичні схеми, приведення параметрів кінематичної схеми. Електромеханічні перехідні процеси. Режими роботи, вибір типу та потужності двигуна. Релейно-контакторні схеми керування електроприводами. Регульований електропривод, показники регулювання. Сучасні системи електроприводу постійного та змінного струму. Елементи системи електроприводу.

РОЗДІЛ 3.

Системи електроживлення технологічних установок

3.1 Джерела енергії і системи електропостачання

Основні типи електростанцій. Структурна схема електричної частини теплової електростанції (ТЕС). Схема електропостачання системи власних потреб ТЕС. Відновлювальні джерела живлення, їх типи, структура.

Комбіновані системи електроживлення. Стандарти щодо якості електроенергії. Електромагнітна сумісність. Категорії споживачів електричної енергії. Методи забезпечення електробезпеки. Підвищення коефіцієнту потужності. Схеми зовнішнього електропостачання підприємств. Схеми внутрішнього електропостачання підприємств. Розрахунок електричного навантаження та вибір силових трансформаторів. Вибір проводів і кабелів. Визначення струмів короткого замикання.

3.2 Принцип дії та особливості електроживлення технологічних установок

Електромеханічні процеси та установки. Фізичні основи електротермії. Потужні установки високоінтенсивного нагрівання (контактного, індукційного, дугового, електронно-променевого). Установки електрофізичної та електрохімічної дії. Установки електроіскрової обробки металів та середовищ. Установки електролізу.

3.3 Характеристики електричних навантажень та показники енергоефективності електротехнологічних установок

Показники приймачів електричної енергії. Вирішення задач електромагнітної сумісності блоків електротехнологічних установок. Компенсація реактивної потужності. Зменшення втрат електроенергії. Підвищення коефіцієнту корисної дії та продуктивності електротехнологічних установок.

РОЗДІЛ 4.

Автоматичне керування і регулювання електротехнічних комплексів

4.1 Системи автоматичного керування

Системи автоматичного керування, їх елементи та зворотні зв'язки. Принципи автоматичного керування. Комбіновані системи автоматичного керування. Види систем автоматичного керування: розімкнені і замкнені,

стабілізації, програмні і слідкуючі, статичні і астатичні, неперервної дії і дискретної дії.

4.2 Статика і динаміка систем автоматичного регулювання

Умови статичної рівноваги і статичні характеристики ланок. Статична похибка і коефіцієнт передачі (підсилення). Форми запису рівнянь статички. Завдання і особливості загальної методики дослідження динаміки систем автоматичного регулювання. Лінеаризація нелінійних рівнянь (приклади). Форма запису рівнянь динаміки. Приклади складань рівнянь ланок.

4.3 Динаміка систем автоматичного керування

Основні показники якості керування. Методи дослідження динаміки систем автоматичного керування. Передаточні функції і структурні схеми. Диференціальні рівняння розімкнених і замкнених систем автоматичного керування. Частотні характеристики елементів і систем автоматичного керування. Стійкість систем автоматичного керування. Умови стійкості лінійних систем автоматичного керування. Критерії стійкості. Визначення областей стійкості.

4.4 Оптимальні і адаптивні систем автоматичного керування

Поняття щодо оптимальних систем автоматичного керування та їх призначення і принцип дії. Особливості адаптивних систем автоматичного керування. Системи екстремального керування. Адаптивні спостерігачі. Адаптивні системи з еталонною моделлю.

РОЗДІЛ 5.

Силові структури напівпровідникових перетворювачів

5.1 Напівпровідникові прилади у перетворювачах електроенергії

Фізичні основи, властивості, граничні параметри напівпровідникових приладів: діодів, транзисторів біполярних, польових, біполярних з ізольованим затвором, тиристорів одно та двоопераційних, силових модулів, інтелектуальних

силових модулів. Процес комутації, втрати енергії в ключах. Паралельне та послідовне з'єднання напівпровідникових приладів. Засоби керування та комутації напівпровідникових приладів. Принципи імпульсної модуляції.

5.2 Аналіз електромагнітних процесів у перетворювачах

Силові структури перетворювачів як нелінійні електричні кола. Методи аналізу напівпровідникових перетворювачів: метод перемикаючих (комутуючих) функцій, метод результуючих векторів та обертових систем координат, гармонійний аналіз, перетворення Фур'є. Складники повної потужності при несинусоїдних процесах в колах з ключами. Математичне моделювання перетворювачів. Аналіз стійкості напівпровідникових перетворювачів. Аналіз електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів з мережею та навантаженням.

ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНИЙ ІСПИТ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

1. Види класифікації джерел електроенергії. Проблеми і завдання сучасної електроенергетики.
2. Види класифікації засобів електромеханіки. Проблеми і завдання сучасної електромеханіки.
3. Види класифікації засобів електротехніки. Проблеми і завдання сучасної електротехніки.
4. Методи розрахунку складних електричних кіл на основі законів Кірхгофа та Ома.
5. Метод вузлових напруг розрахунку складних електричних кіл.
6. Метод контурних струмів розрахунку складних електричних кіл.
7. Розрахунок складних електричних кіл на підставі методу накладання.
8. Теореми теорії електричних кіл щодо лінійних співвідношень між напругами та струмами в електричних колах.
9. Особливості резонансу напруг і резонансу струмів в електричних колах. Резонанс у колах несинусоїдного струму.

10. Розрахунок перехідних процесів в колах першого порядку класичним методом. Узагальнена формула розрахунку.
11. Методи складання рівнянь стану електричних кіл та процесів. Особливості розрахунку перехідних процесів в колах з нелінійними елементами.
12. Метод перетворення Лапласа. Операторна схема заміщення електричного кола в перехідному процесі та знаходження операторних зображень струмів та напруг.
13. Перехідні процеси в послідовному R, L, C колі. Алгоритм та приклади розрахунку перехідних процесів операторним методом.
14. Дієве та середнє значення періодичних несинусоїдних функцій часу. Потужність в колах несинусоїдного струму.
15. Послідовне та паралельне з'єднання індуктивно зв'язаних котушок. Розрахунок кіл з індуктивно зв'язаними елементами.
16. Передача потужності потоком взаємоіндукції (баланс потужностей кола). Використання рядів Фур'є.
17. Врівноваженість симетричної трифазної системи. Схеми з'єднання елементів трифазної системи.
18. Трифазна потужність в симетричному і несиметричному колах. Пульсуюче і обертове магнітні поля.
19. Постулат Максвела (теорема Гауса-Остроградського).
20. Закон безперервності магнітного поля.
21. Закон безперервності електричного струму.
22. Закон збереження заряду.
23. Фізичні процеси в ідеальних і реальних трансформаторах.
24. Рівняння приведенного трансформатора.
25. Особливості побудови трифазних трансформаторів.
26. Зовнішня характеристика трансформаторів. Регулювання напруги силових трансформаторів.
27. Автотрансформатори, вимірювальні трансформатори.
28. Реактори для кіл змінного та випрямного струму.

29. Призначення, принцип дії та галузь застосування асинхронних машин.
30. Принцип дії та будова синхронних машин.
31. Механічна та електромеханічна характеристики асинхронних машин.
32. Засоби регулювання швидкості асинхронних машин.
33. Призначення, принцип дії та галузь застосування синхронних машин.
34. Засоби регулювання швидкості. Вимоги до систем збудження синхронних машин.
35. Кутова, U – подібна та механічна характеристики синхронних машин.
36. Синхронні генератори.
37. Будова машин постійного струму. Основні електромагнітні співвідношення машин постійного струму.
38. Електромагнітний момент. Магнітне поле машин постійного струму.
39. Механічна та електромеханічна характеристики машин постійного струму з паралельним, послідовним та змішаним збудженнями. Засоби регулювання швидкості.
40. Математичний опис і особливості моделювання електричних машин
41. Трифазна мостова схема, багатопульсні та багатofазні випрямлячі.
42. Керовані випрямлячі та ведені мережею інвертори.
43. Автономні інвертори напруги та струму. Багаторівневі інвертори.
44. Перетворювачі частоти низької та середньої напруги.
45. Фільтро-компенсувальні пристрої та силові активні фільтри.
46. Напівпровідникові перетворювачі постійного та змінного струму.
47. Схеми керування напівпровідниковими перетворювачами.
48. Електромеханічні процеси та установки.
49. Потужні установки високоінтенсивного нагрівання (контактного, індукційного, дугового, електронно-променевого).
50. Установки електрофізичної та електрохімічної дії.
51. Установки електроіскрової обробки металів та середовищ.
52. Установки електролізу.
53. Показники приймачів електричної енергії.

54. Вирішення задач електромагнітної сумісності блоків електротехнологічних установок.
55. Зменшення втрат електроенергії та компенсація реактивної потужності електротехнологічних установок.
56. Підвищення коефіцієнту корисної дії та продуктивності електротехнологічних установок.
57. Принципи автоматичного керування.
58. Комбіновані системи автоматичного керування.
59. Види систем автоматичного керування: розімкнені і замкнені, стабілізації, програмні і слідкуючі, статичні і астатичні, неперервної дії і дискретної дії.
60. Статична похибка і коефіцієнт передачі (підсилення) систем автоматичного керування.
61. Завдання і особливості загальної методики дослідження динаміки систем автоматичного регулювання.
62. Методи дослідження динаміки систем автоматичного керування.
63. Передаточні функції і структурні схеми систем автоматичного керування.
64. Частотні характеристики елементів і систем автоматичного керування.
65. Умови стійкості лінійних систем автоматичного керування. Критерії стійкості. Визначення областей стійкості.
66. Особливості адаптивних систем автоматичного керування.
67. Фізичні основи, властивості, граничні параметри напівпровідникових діодів та транзисторів.
68. Фізичні основи, властивості, граничні параметри напівпровідникових силових модулів.
69. Аналіз процесів комутації, втрати енергії в напівпровідникових ключах.
70. Засоби керування та комутації керованих напівпровідникових приладів.
71. Мікроелектронна та мікропроцесорна техніка.
72. Інтелектуальні силові модулі.
73. Адаптивні системи з еталонною моделлю.
74. Силові структури перетворювачів як нелінійні електричні кола.

75. Методи аналізу напівпровідникових перетворювачів на основі перемикаючих (комутуючих) функцій.
76. Методи результуючих векторів та обертових систем координат, гармонійний аналіз, перетворення Фур'є.
77. Аналіз стійкості напівпровідникових перетворювачів.
78. Аналіз електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів з мережею та навантаженням.
79. Особливості індивідуального і групового електроприводів.
80. Контактори та дугогасильні пристрої, особливості їх використання.
81. Категорії споживачів електричної енергії за ступенем безперебійності електропостачання.
82. Методи забезпечення електробезпеки. Захисне заземлення. Захисне занулення.
83. Схема зовнішнього електропостачання підприємства.
84. Схема внутрішнього електропостачання підприємства.
85. Комбіновані системи електроживлення з поновлюваними джерелами електроенергії.
86. Автономні системи електроживлення.
87. Джерела розподіленої генерації. Особливості роботи електричних мереж з джерелами розподіленої генерації.
88. Автоматика та телемеханіка у системах електропостачання. Телеметрія.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

Базова література

1. Мілих В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка [Текст]: підручник / В.І. Мілих, О.О. Шавьолкін; К.: Каравела, 2007. – 688 с.
2. Гончаров Ю.П. Перетворювальна техніка :підр. Ч.2/ Ю.П. Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов та ін. – Х.: Фоліо, 2000.- 360 с.
3. Березюк А.О., Мірських Г.О., Сорокін Д.С. Електричні і магнітні кола (Том 1 Книга 1). Навчальний посібник. К.: ЦП Компрінт, 2017, 328 с.

4. Березюк А.О., Мірських Г.О., Сорокін Д.С. Електричні і магнітні кола (Том 1 Книга 2). Навчальний посібник. К.: ЦП Компрінт, 2017, 404 с.
5. Березюк А.О., Мірських Г.О., Сорокін Д.С. Електричні і магнітні кола (Том 2). Навчальний посібник. К.: ЦП Компрінт, 2017, 354 с.
6. Заблодський М.М. Математичне моделювання електротермомеханічного обладнання обробки в'язких і сипких речовин: Монографія у двох книгах / М.М.Заблодський, Г.О.Мірських, В.Ю Грицюк – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2019.– 837с. (52,3 др. арк.)
7. Березюк А.О., Жильцов А.В., Мірських Г.О., Мархонь М.В. Математичне моделювання електротехнічних систем та їх елементів (Частина 2). Навчальний посібник. К.: ЦП Компрінт, 2020, 648 с.
8. Мішин В.І. Компенсовані асинхронні машини: монографія/ Мішин В.І., Каплун В.В., Чуєнко Р.М. - К. КНУТД, 2012. – 221с.
9. Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветрогенераторы/ В.С. Крвцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев.- учебник.- Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьковский авиационный ин-т», 2003.- 400 с.
11. Заблодський М.М. Асинхронні електричні машини: Навчальний посібник / Заблодський М.М., Чуєнко Р.М., Васюк В.В. – Київ: Компрінт, 2020. – 465 с.
12. Жильцов А.В. Інженерія програмного забезпечення електроенергетичних об'єктів / А.В. Жильцов, М.М. Заблодський, Г.О. Мірських, В.В. Васюк, Т.С. Книжка О.В. Козак, П.В. Потапський, М.В. Вусатий. – К. : Компрінт, 2021. – 502 с.
13. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посібник / О. О. Шавьолкін; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.
14. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу/ Козирський В.В., Каплун В.В. – К. Аграрна освіта, 2011. – 448.
15. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: Підручник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.В. Козирський, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. – К. : ЦП «Компрінт», 2019. – 619 с.

16. Каплун В.В. Комбіновані системи електроживлення з поновлюваними джерелами енергії/ Каплун В.В., Козирський В.В., Петренко А.В. – К.: ЦТІ «Аграр Медіа Груп», 2011. -330 с.

Допоміжна література

1. Жильцов А.В. Теоретичні основи біоенергетичних технологій. А.В. Жильцов, С.М. Усенко, Т.С. Книжка. Київ Компрінт 2020
2. Жильцов А.В. Основи енергоефективності споживчих енергомереж/ А.В. Жильцов, С.М. Усенко, Т.С. Книжка.: Компрінт, 2021-674с.
3. Бойков В.С., Бойко В.В., Видолоб Ю.Ф. та інші. Теоретичні основи електротехніки. Т1. – К.: Політехніка, 2005. – 272 с.
5. Борисов Б.П., Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б., Шидловский А.К. Повышение эффективности использования электроэнергии в системах электротехнологий. – К.: Наук.думка, 1990. – 240 с.
6. Метельский В.П. Электричні машини та мікромашини. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2002. – 592 с.
7. Чабан В. Теоретична електротехніка. – Львів: Львівська політехніка, 2002. – 340 с.