



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Факультет електроенерготехніки та автоматики

ЗАТВЕРДЖЕНО РАДОЮ
факультету електроенерготехніки та
автоматики

Протокол № 6 від «25» січня 2016 р.

Декан ФЕА _____ О.С.Яндульський

ПРОГРАМА

комплексних фахових випробувань для вступу на освітньо-кваліфікаційну
програму підготовки магістра/спеціаліста для студентів
Факультету електроенерготехніки та автоматики

ПРОГРАМА

Комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070101 “Електричні станції” та 8.05070101 “Електричні станції”

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070101 “Електричні станції” та 8.05070101 “Електричні станції” направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ

РОЗДІЛ 1. Синхронні генератори і компенсатори.

Тема 1.1. Основні параметри і характеристики.

Основні параметри і характеристики, особливості конструкцій Системи охолодження.

Тема 1.2. Системи збудження.

Системи збудження. Їх характеристики, нормування та область застосування. Автоматичне регулювання збудження.

Тема 1.3. Нормальні режими роботи синхронних генераторів і компенсаторів.

Регулювання активного та реактивного навантаження. Способи вмикання синхронних генераторів і компенсаторів у мережу на паралельну роботу.

РОЗДІЛ 2. Силові трансформатори і автотрансформатори.

Тема 2.1. Основні параметри силових трансформаторів і автотрансформаторів.

Основні параметри силових трансформаторів і автотрансформаторів. Схеми і групи з'єднання обмоток. Системи охолодження. Автотрансформатори. Номінальна, прохідна і типова потужність. Коефіцієнт типової потужності.

Тема 2.2. Навантажувальна спроможність трансформаторів.

Навантажувальна спроможність трансформаторів. Теплове старіння ізоляції та її зношення. Систематичні і аварійні перенавантаження.

РОЗДІЛ 3. Комутаційні апарати.

Тема 3.1. Масляні вимикачі

Масляні вимикачі. Дугогасильні камери масляного дугтя. Застосування багатократного розриву кола. Конструкції бакових і маломасляних вимикачів, їх позитивні якості та недоліки, область застосування.

Тема 3.2. Повітряні вимикачі.

Дугогасильні камери поперечного і новздовжсного дугтя повітряного дугтя. Зіставлення характеристик повітряних і масляних вимикачів.

Тема 3.3. Електромагнітні вимикачі. Конструкції і основні характеристики вимикачів. Зіставлення характеристик повітряних, масляних та електромагнітних вимикачів.

Тема 3.4 Вакуумні вимикачі. Конструкції і основні характеристики вимикачів. Особливості гасіння дуги. Зріз струму.

Тема 3.5 Елегазові вимикачі. Конструкції і основні характеристики.

Тема 3.6 Тиристорні та синхронізовані вимикачі. Конструкції і основні характеристики.

Тема 3.7. Приводи вимикачів. Конструкції приводів. Основні характеристики.

Тема 3.8. Вимикачі постійного струму. Призначення, конструкції, область застосування.

Тема 3.9. Роз'єднувачі. Відокремлювачі. Вимикачі навантаження. Короткозамикачи

Роз'єднувачі. Вимикаюча спроможність роз'єднувачів. Конструкції роз'єднувачів та їх приводів. Відокремлювачі, вимикачі навантаження і короткозамикачі.

Тема 3.10. Комутаційні апарати напругою до 1000В. Рубильники, перемикачі, автоматичні вимикачі, контактори, магнітні пускачі. Плавкі запобіжники напругою до та більше 1000В. Процес роботи плавкого вимикача при короткому замиканні.

РОЗДІЛ 4. Структурні схеми електростанцій станцій та підстанцій.

Тема 4.1. Загальні принципи побудови електричних схем електроустановок.

Загальні принципи побудови електричних схем електроустановок. Структурні та принципи схем. Вибір схем на основі техніко-економічних розрахунків.

Тема 4.2. Структурні схеми конденсаційних електростанцій (КЕС).

Структурні схеми. Блочний принцип. Вибір трансформаторів. Схеми на підвищених напругах. Приклади схем.

Тема 4.3. Структурні схеми атомних електростанцій.

Структурні і принципи схем. Приклади схем.

Тема 4.4. Структурні схеми ТЕЦ

Особливості технологічного режиму (ТЕЦ). Структурні схеми. Вибір трансформаторів. Електричні схеми на генераторній та підвищеній напрузі. Приклади схем.

Тема 4.5. Структурні схеми ГЕС і ГАЕС.

Особливості технологічного режиму ГЕС і ГАЕС. Структурні схеми. Приклади схем.

Тема 4.6. Структурні схеми підстанцій.

Районні підстанції та їх класифікація. Структурні схеми.

РОЗДІЛ 5. Електричні схеми розподільчих пристроїв.

Тема 5.1. Вимоги до схем розподільчих пристроїв (РП).

Вимоги до схем розподільчих пристроїв (РП). Класифікація схем РП.

Тема 5.2. Схеми з одною та двома системами збірних шин.

Схеми з одною та двома системами збірних шин. Застосування обхідної системи збірних шин. Секціонування збірних шин. Зпрощені схеми, схеми мостиків.

Тема 5.3. Електричні схеми з комутацією присьєднань через два вимикача. Схеми 3/2, 4/3, 5/4. Схеми багатокутників, область застосування різних схем.

РОЗДІЛ 6. Системи і схеми власних потреб електростанцій

Тема 6.1. Споживачі енергії власних потреб (ВП) електростанцій

Споживачі енергії власних потреб (ВП) електростанцій. Вимоги до надійності електропостачання; структура енергії на власні потреби. Привод механізмів споживачів ВП. Джерела енергії ВП.

Тема 6.2. Загальні принципи побудови схем електропостачання ВП електростанцій.

Загальні принципи побудови схем електропостачання ВП електростанцій. Системи ВП теплових електростанцій. Склад основних механізмів і їх привод. Схеми ВП конденсаційних і теплофікаційних електростанцій. Приклади схем.

Тема 6.3. Система ВП атомних електростанцій.

Склад основних споживачів. Вимоги до надійності електропостачання. Системи безпеки. Мережі і джерела надійного живлення. Приклади схем.

Тема 6.4. Системи і схеми живлення ВП ГЕС і ГАЕС, їх особливості, приклади.

Системи і схеми живлення ВП ГЕС і ГАЕС, їх особливості, приклади. Системи і схеми живлення ВП підстанцій з постійним і змінним оперативним струмом. Приклади схем. Допоможи! джерела енергії, їх призначення, загальні вимоги, умови експлуатації.

РОЗДІЛ 7. Навантажувальна спроможність та стійкість електричних апаратів та провідників.

Тема 7.1. Нагрівання провідників і апаратів.

Нагрівання провідників і апаратів. Рівняння теплового балансу. Розрахункові умови і струми. Процес нагріву провідника. Довготривалі та короточасові допустимі температури. Вибір провідників і апаратів по умовам довготривалого режиму.

Нагрівання провідників та апаратів при коротких замиканнях (КЗ). Тепловий імпульс. Термічна стійкість провідників і апаратів.

Розділ 8. Вибір провідників та апаратів.

Тема 8.1. Вибір провідників та апаратів по умовам довготривалих режимів.

Вибір провідників та апаратів по умовам довготривалих режимів.

Тема 8.2. Перевірка провідників та апаратів по умовам короткого замикання.

Перевірка провідників та апаратів по умовам короткого замикання. Визначення розрахункових умов КЗ.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ

РОЗДІЛ 1. Формування розрахункової схеми енергосистеми.

Тема 1.1. Параметри елементів енергосистем.

Схема заміщення електричної системи. Основні допущення. Параметри генераторів, трансформаторів, ЛЕП, реакторів, навантаження.

Струмообмежуючі апарати: Здвоєні реактори. Трансформатори з розщепленими обмотками. Їх переваги.

Тема 1.2. Еквівалентні перетворення при розрахунках СКЗ.

Перетворення схем: з послідовними та паралельними гілками; трикутника в зірку; трьохпроміневої зірки в еквівалентний трикутник; багатопроміневої зірки в багатокутник з діагоналями. Визначення вузлів рівного потенціалу.

Струморозподіл в електричній мережі при КЗ. Метод накладання при розрахунках струму КЗ.

РОЗДІЛ 2. Методи розрахунку струмів при симетричних коротких замкненнях.

Тема 2.1. Перехідні електромагнітні процеси в найпростіших трьохфазних колах.

Трьохфазне КЗ в неразголушеному колі. Основні відомості. Формування рівнянь стану. Визначення формули струму КЗ. Векторна діаграма.

Характеристики струму КЗ. Ударний струм КЗ. Діюче значення струму КЗ. Осцилограма струму КЗ.

Тема 2.2. Усталені режими КЗ.

Метод визначення усталеного режиму КЗ генератора. Загальні зауваження. Основні характеристики синхронної машини, яка працює у режимі КЗ. Графічний метод визначення усталеного струму КЗ генератора без АРВ.

Режими роботи генератора з АРВ. Методи розрахунку усталеного струму КЗ у складній електричній системі.

Тема 2.3. Початковий момент короткого замкнення.

Перехідні ЕРС і реактивності синхронної машини без демпферних контурів. Баланс магнітних потоків. Визначення перехідних ЕРС і реактивності генератора. Схема заміщення генератора.

Зверхперехідні ЕРС і реактивності синхронної машини. Векторна діаграма явнополюсної синхронної машини. Порівняння реактивностей синхронної машини.

Врахування навантаження при КЗ. Врахування навантаження в усталеному режимі КЗ. Вплив та врахування навантаження в початковий момент КЗ. Приклад.

Тема 2.4. Практичні методи розрахунку струму КЗ.

Метод розрахункових кривих. Обґрунтування методу розрахункових кривих. Метод індивідуального змiну. Алгоритм розрахунку КЗ за методом індивідуального змiну.

Спрощені методи врахування систем. Уточнення розрахункових кривих.

Метод типових кривих.

РОЗДІЛ 3. Електричні перехідні процеси при порушенні симетрії системи.

Тема 3.1. Формування схем симетричних послідовностей.

Метод симетричних складових при аналізі несиметричних режимів. Основні положення методу. Розподіл несиметричного режиму на три симетричних. Схема заміщення прямої послідовності. Параметри елементів системи для зворотної послідовності і схеми заміщення. Параметри елементів системи для нольової послідовності і схеми заміщення. Побудова схем заміщення нольової послідовності.

Тема 3.2. Однократна поперечна несиметрія.

Аналіз несиметричних КЗ. Правило еквівалентування прямої послідовності. Алгоритм розрахунку несиметричного КЗ. Порівняння видів короткого замкнення.

ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

РОЗДІЛ 1. Силкові трансформатори (Т) та автотрансформатори (АТ).

Тема 1.2. Нагрівання і теплові характеристики Т. Нагрівання Т в процесі експлуатації. Способи теплопередачі в Т. Розподіл температур в Т. Існуючі системи охолодження потужних Т на ЕС. Норми перевищення температури для різних систем охолодження Т згідно з правилами технічної експлуатації (ПТЕ). Особливості роботи охолоджувальних пристроїв. Визначення температур масла і обмотки Т у різних режимах роботи. Теплові діаграми Т з різними системами охолодження при номінальних умовах. Основні параметри теплового стану Т. Неусталений та усталений теплові режими Т.

Тема 1.3. Паралельна робота Т і АТ. Умови включення Т і АТ на паралельну роботу. Схеми і групи з'єднань обмоток потужних Т і АТ ЕС. Визначення зрівнювальних струмів в обмотках Т при різних коефіцієнтах трансформації, напругах короткого замикання та групах з'єднання обмоток.

Тема 1.4. Фазування, включення в мережу і контроль за роботою Т. Фазування Т. Мета фазування. Методи фазування. Фазування Т з заземленою і незаземленою нейтраллю на обмотці, що фазується. Послідовність операцій при фазуванні Т. Непрямі методи фазування. Включення Т в мережу і контроль за його роботою. Фазування Т з допомогою шинних трансформаторів напруги (ТН). Підготовка Т до включення. Особливості включення

потужних Т. Порядок операцій при включенні і відключенні Т. Контроль за станом Т в процесі експлуатації.

Тема 1.5. Допустимі режими роботи Т і АТ в нормальних та аварійних умовах експлуатації. Допустимі режими роботи Т і АТ в нормальних умовах експлуатації. Нормальний режим роботи Т і АТ. Систематичні перевантаження. Допустимі режими Т при змінюванні напруги. Режими роботи нейтралі Т і АТ. Захист від перенапруг. Допустимі режими роботи Т в аварійних умовах. Аварійні режими Т і АТ. Короткочасні перевантаження Т в аварійних умовах. Пошкодження і аварійне відключення Т. Несиметричні режими Т.

РОЗДІЛ 2. Електродвигуни власних потреб (ВП) ЕС.

Тема 2.1. Робочі та механічні характеристики механізмів ВП. Основні типи робочих машин ВП на ЕС і їх особливості. Експлуатаційні параметри робочих машин. Робочі характеристики ВП різних типів. Характеристика трубопроводу. Вплив змінювання частоти обертання на робочі характеристики механізмів ВП.

Механічні характеристики механізмів ВП. Регулювання продуктивності механізмів ВП. Категорії механічних характеристик механізмів ВП. Жорсткість механічних характеристик. Способи одержання механічних характеристик. Стійкість роботи системи двигун-механізм. Умови статичної стійкості. Способи регулювання робочих машин ВП.

Тема 2.2. Режими роботи електродвигунів ВП. Характеристики електродвигунів ВП. Асинхронні двигуни з фазним і короткозамкненим ротором. Механічні характеристики асинхронних електродвигунів. Залежність струму статора, коефіцієнта потужності, приведенного струму ротора від ковзання. Основні параметри електродвигунів і їх визначення. Використання на ЕС асинхронних електродвигунів зі змінними параметрами. Характеристики електродвигунів ВП зі змінними параметрами.

Характеристики синхронних двигунів. Експлуатаційні і конструктивні особливості синхронних двигунів. Векторні діаграми, вирази для активної та реактивної потужності синхронних двигунів. Механічні та кутові характеристики синхронних двигунів. Статична перевантажувальність. Способи і особливості пуску синхронних двигунів.

Характеристика електродвигунів постійного струму (ДПС). Експлуатаційні особливості ДПС. Електромеханічні і механічні характеристики ДПС. Рівняння електромеханічної і механічної характеристик ДПС. Механічні характеристики ДПС незалежного, послідовного і змішаного збудження для різних режимів роботи електроприводу.

Основи динаміки електроприводів ВП. Рівняння руху електропривода. Основні характеристики руху електроприводів. Приведення моментів опору і моментів інерції. Час пуску і гальмування електропривода. Графічні і графоаналітичні методи розв'язання рівнянь руху приводу.

Пуск електродвигунів ВП ЕС. Загальна характеристика перехідних режимів в електроприводах. Пуск електродвигунів постійного струму. Способи пуску асинхронних двигунів ВП. Ступінчатий пуск асинхронних двигунів ВП.

Вибіг і самозапуск електродвигунів ВП. Індивідуальний вибіг двигунів. Характеристики індивідуального вибігу. Час індивідуального вибігу. Груповий вибіг. Фізичні процеси при груповому вибігу. Самозапуск електродвигунів ВП. Практичні методи розрахунку самозапуску.

Аномальні режими роботи електродвигунів ВП. Причини і наслідки аномальних режимів електродвигунів. Вплив змінювання частоти мережі, напруги, навантаження на режим роботи асинхронних та синхронних двигунів ВП. Робота електродвигунів власних потреб в умовах несиметрії.

РОЗДІЛ 3. Генератори і синхронні компенсатори.

Тема 3.1. Нормальні та допустимі режими роботи генераторів. Параметри і характеристики генераторів в нормальних і допустимих режимах роботи генератора. Параметри нормального режиму генератора і допустимий діапазон їх змінювання. Тепловий режим генератора. Вплив на допустиме навантаження генератора чистоти і тиску водню, витрат і температури дистилату. Тепловий режим генератора. Кутові характеристики генератора.

Режими роботи генераторів і синхронних компенсаторів при різних активних навантаженнях, змінюванні струму збуджування. Робота і характеристики генератора при різних активних навантаженнях. Статична стійкість генератора. Режими роботи і характеристики генератора при змінюванні струму збудження. Особливості роботи генераторів і синхронних компенсаторів в режимі споживання реактивної потужності.

Робота генератора в умовах коливання напруги і частоти в електричній мережі. Причини коливань напруги і частоти в електричній мережі. Вплив змінювання напруги і частоти на допустиме навантаження генератора. Особливості роботи генератора при збільшеності напруги на шинах генератора. Засоби попередження коливань напруги на шинах генератора.

Робота генератора при навантаженнях, струмах, коефіцієнтах потужності, напругах, температурах охолоджувального середовища, відмінних від номінальних. Залежність наявної реактивної потужності генератора від активної. Діаграма допустимих режимів роботи генератора. Оперативна оцінка допустимих навантажень турбогенератора. Карта допустимих навантажень.

Тема 3.2. Аномальні режими роботи генераторів. Види аномальних режимів. Перевантаження генераторів. Аварійні і спеціальні режими роботи генераторів. Перевантаження генератора по струмам статора і ротора. Вплив короткочасних перевантажень на обмотки турбогенератора. Допустима тривалість перевантаження. Оперативна оцінка допустимих перевантажень обмоток генераторів.

Робота генератора в асинхронних режимах (АР). Причини виникнення АР. Загальна характеристика і особливості АР при втраті збудження. Робота Г без збудження при замиканні обмотки збудження (03) накоротко, на опір і на якір збуджувача. Особливості АР при замкненні 03 на вентилі.

Вплив АР на роботу генератора, ЕС, енергосистеми. Нагрівання торцевих частин статора і витрати в роторі. Споживання реактивної потужності і зниження напруги в мережі і на шинах ВП. Перевантаження генераторів ЕС і зниження пропускної можливості ЛЕП. Умови існування і допустимості АР. Захист турбогенератора від АР.

Розрахунок асинхронних характеристик генератора. Схемазаміщення генератора при несинхронній швидкості обертання. Розрахунок моментів, активної і реактивної потужності, напруги генератора в АР.

Несиметричні режими генераторів (НР). Причини виникнення НР. Загальна характеристика НР. Вплив струмів оберненої послідовності на роботу генератора. Додаткові витрати в роторі і допустима несиметрія. Короткочасні несиметричні режими. Критерії термічної стійкості ротора. Захист турбогенераторів від струмів оберненої послідовності. Оперативна оцінка струмів оберненої послідовності генератора.

Визначення струмів прямої і оберненої послідовностей статора в різних НР. Визначення струмів прямої і оберненої послідовностей при: відключенні однієї фази генератора, обриві фази і при відмові відключенні фази вимикача блока, несиметричних КЗ на затискачах генератора і за блочним Т.

РОЗДІЛ 4. Ліквідація аварій в електричній частині ЕС.

Тема 4.1. Загальні положення по ліквідації аварій. Причини аварії. Планово-попереджувальні ремонти, профілактичні випробування і огляд обладнання, як чинники попередження аварій. Джерела інформації про аварію і план дії. Розподіл функцій між оперативним персоналом (ОП) при ліквідації аварії. Самостійні дії ОП.

Тема 4.2. Дії ОП ЕС при аваріях в енергосистемі Ліквідація порушень в роботі ЕС при аваріях в енергосистемі. Ліквідація порушень в роботі ЕС, пов'язаних зі змінюваннями частоти і напруги в енергосистемі. Ліквідація наслідків розпаду енергосистеми на частини. Втрати напруги частиною енергосистеми, відокремлення ЕС від енергосистеми.

Тема 4.3. Ліквідація аварій в головних схемах ЕС. Ліквідація асинхронних і несиметричних режимів роботи генераторів. Розпізнавання АР і несиметричних режимів роботи генератора. Дії автоматики і ОП при ліквідації АР генератора. Порядок дії ОП ЕС при неповнофазному відключенні вимикача при зупинці блока в ремонт, неповнофазному включенні вимикача при вводі блока в роботу, неповнофазному відключенні вимикача блоку, який несе повне навантаження.

Тема 4.4 Ліквідація аварій при пошкодженні основного обладнання ЕС. Причини і наслідки автоматичного відключення синхронних генераторів, трансформаторів, блоків. Дії ОП станції по ліквідації пошкоджень і наслідків відключення основного обладнання ЕС.

РОЗДІЛ 5. Особливості експлуатації АЕС.

Тема 5.1. Специфіка виробництва електроенергії на АЕС та умов роботи обладнання. Технологія виробництва енергії на АЕС. Специфічні умови експлуатації АЕС. Теплові схеми АЕС на теплових і швидких нейтронах. Особливості експлуатації ядерних реакторів різних типів. Основні режими роботи АЕС. Шляхи забезпечення ядерної та радіаційної безпеки на АЕС. Система безпеки АЕС. Особливості схем електричних з'єднань АЕС. Динамічні характеристики турбін насиченої пари для АЕС. Режими роботи АЕС в енергосистемах.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	
60-64	E	Задовільно
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Навантажувальна спроможність трансформаторів. Теплове старіння ізоляції та її зношення. Систематичні і аварійні перенавантаження.

2. Перехідні ЕРС і реактивності синхронної машини без демпферних контурів. Баланс магнітних потоків. Визначення перехідних ЕРС і реактивності генератора. Схема заміщення генератора.

3. Рівняння руху електропривода. Основні характеристики руху електроприводів. Приведення моментів опору і моментів інерції. Час пуску і гальмування електропривода. Графічні і графоаналітичні методи розв'язання рівнянь руху приводу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ «ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ»

Основна література.

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.

Додаткова література.

3. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1987, – 648с.
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. – 456 с.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ «ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ»

Основна література.

1. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.: Энергия, 1970. – 518 с.
2. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам. – М.: Энергия. 1986. – 494 с.
3. Методичні вказівки до курсової роботи по курсу “Електромагнітні перехідні процеси”. – К.: КПІ, 2004. – 28 с. (Автори: М.В. Костерев, Ю.В. Безбереж'єв, В.П. Яновський, Є.І. Бардік).

Додаткова література.

4. Жуков В.В. Короткие замыкания в узлах комплексной $\square$ томних $\square$ электрических систем. – М.: МЭИ, 1994. – 224 с.
5. Костерев Н.В. Моделирование и динамика $\square$ томних электростанций при возмущениях в энергосистеме. – К.: Вища школа, 1986. – 168 с.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ «ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ»

Основна література.

1. Мотыгина С.А. Эксплуатация электрической части тепловых электростанций. – М.: Энергия, 1979. – 557 с.
2. Грудинский П.Г., Мандрыкин С.А., Улицкий М.С. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций. – М. Энергия, 1974. – 576 с.
3. Сыромятников И.А. Режимы работы синхронных и асинхронных двигателей, 4 изд., перераб.и доп. – М. Энергоатомиздат, 1984. – 550 с.
4. Мандрыкин С.А., Филатов А.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования станций и сетей. – М. Энергоатомиздат, 1983. – 344 с.
5. Филатов А.А. Ликвидация аварий в главных схемах электрических станций и подстанций. – М. Энергоатомиздат, 1983. – 112 с.

Додаткова література

6. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. Под общей ред. Л.С. Линдорфа и Г.Л. Мамиконянца. – М. Энергия. 1972, – 352 с.
7. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей. – М. Энергоатомиздат, 1985. – 136 с.
8. Коган Л.Ф. Анормальные режимы мощных турбогенераторов. – М. Энергоатомиздат 1988. – 192 с.
9. Филатов А.А. Оперативное обслуживание электрических подстанций. – М. Энергия, 1980. – 230 с.
10. Тер-Газарян Г.Н. Несимметричные режимы синхронных машин. – М.Энергия, 1969. – 213 с.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності
7.05070102 “Електричні системи та мережі” та
8.05070102 “Електричні системи та мережі”

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070102 “Електричні системи та мережі” та 8.05070102 “Електричні системи та мережі” направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

ВСТУП

Енергетична та електрична системи. Техніко-економічні переваги створення енергосистем та їх об'єднань. Перспективи та основні проблеми розвитку та експлуатації енергосистем України.

Електричні мережі. Класифікація електричних мереж. Види електроустановок та їх номінальні напруги. Режим роботи нейтралі електричних мереж. Основні задачі розрахунків електричних мереж.

ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ

1. Конструкції, характеристики, параметри режимів роботи, елементи теорії передачі енергії лініями електричних мереж

Повітряні лінії (ПЛ). Класифікація ПЛ. Основні типи опор ПЛ. Елементи металевих, залізобетонних та дерев'яних опор. Проводи та троси. Розщеплення проводів. Стандарти на проводи та троси. Розташування проводів та тросів на опорах ПЛ. Ізолятори та лінійна арматура.

Кабельні лінії. Конструкція кабелів. Кабельні муфти та кінцеві розділки. Прокладка кабельних ліній. Струмопроводи та шинопроводи.

Схеми заміщення повітряних та кабельних ліній. Визначення параметрів схем заміщення. Лінії з розщепленими параметрами. Схеми заміщення двох- та трьохобмоткових трансформаторів та автотрансформаторів. Визначення параметрів схем заміщення трансформаторів різних типів за каталожними даними. Розрахунок втрат потужності на корону у ПЛ.

Втрати потужності та енергії в елементах електричних мереж. Графіки навантаження вузлів електроенергетичних систем. Кількість годин використання максимальної та встановленої потужності. Коефіцієнти участі в максимумі навантаження, коефіцієнт одночасності, коефіцієнт використання встановленої потужності. Середньоквадратичні навантаження.

Втрати потужності в повздовжніх та поперечних елементах схеми заміщення ліній електропередач. Втрати потужності в трансформаторах різних типів. Втрати енергії в лініях

та трансформаторах та їхнє визначення згідно графіків навантаження (за середньолінійною потужністю) та часу максимальних втрат.

Векторна діаграма струмів та напруг лінії електропередачі. Падіння та втрата напруги в елементах електричної мережі. Електричний розрахунок падіння напруги в ЛЕП за струмом та потужністю навантаження. Аналіз режимів роботи лінії за допомогою векторних діаграм. Наближені методи визначення втрат напруги в ЛЕП з однією та декількома навантаженнями. Розрахунок режиму напруги у вузлах електричної системи за середньо лінійними потужностями, потужностями початків та кінців ділянок мережі. Особливості розрахунку ліній, виконаних із застосуванням сталевих проводів.

Представлення елементів електричних мереж за допомогою чотириполюсників. Визначення постійних чотириполюсників за допомогою параметрів схем заміщення ліній та трансформаторів. Кругові діаграми ліній електропередачі. Аналіз режимів роботи електропередачі за допомогою кругових діаграм.

2. Методи розрахунку режимів електричних мереж

Задачі розрахунків параметрів режимів ліній електропередачі та електричних мереж. Системотворюючі, районні та місцеві електричні мережі, їхнє місце та роль в електричних системах. Особливості розрахунків режимів роботи районних електричних мереж.

Схеми заміщення місцевих та районних електричних мереж. Приведення параметрів схем заміщення до базисної ступені напруги. Приведене та розрахункове навантаження підстанцій.

Розрахунок розімкненої мережі за потужностями та струмами навантаження. Наближений метод розрахунку режиму роботи мережі. Ітераційний розрахунок режиму роботи районної електричної мережі. Критерії закінчення ітераційного розрахунку. Елементи топології розімкненої мережі. Перша матриця з'єднань. Розрахунок режиму розімкненої мережі в матричній формі наближеним методом. Окремі випадки розрахунку місцевих електричних мереж.

Елементи топології замкнених мереж. Матриці з'єднань. Вибір незалежних контурів. Закони Ома та Кірхгофа в матричній формі. Узагальнене рівняння стану електричного ланцюга.

Переваги та недоліки замкнених електричних мереж. Розрахунок ліній з двохстороннім живленням. Метод контурних рівнянь. Ітераційний розрахунок режиму роботи замкненої електричної мережі „в потужностях”. Метод вузлових потенціалів. Метод розрізання контурів. Алгоритм ітераційного розрахунку в методі розрізання контурів. Врахування статичних характеристик навантажень споживачів за напругою в ітераційних розрахунках сталих режимів роботи енергосистем.

Рівняння вузлових напруг та їхня модифікація. Виведення рівняння в матричній формі. Лінеаризація рівнянь вузлових напруг. Оцінка похибки лінеаризації.

Ітераційні методи реалізації вузлової моделі: метод Зейделя, метод Ньютона-Рафсона. Якобіан системи рівнянь режиму. Збіжність ітераційного процесу.

Методи розв'язання лінеаризованих рівнянь усталеного режиму. Метод Гаусса та подвійної факторизації матриць. Використання слабкої наповненості матриць рівнянь сталого режиму.

Спрощені методи розрахунків режимів роботи електричних мереж. Приведення перетинів мережі до базисного перетину. Рознесення навантаження на магістральній ділянці мережі в методі перетворення мережі. Інші способи перетворення схеми мережі. Застосування методу перетворення до розрахунку складнозамкненої електричної мережі. Поняття про коефіцієнти розподілу. Розрахунок коефіцієнтів розподілу для електричних мереж, замкнених одно- та багаторазово. Розрахунок режиму роботи мережі методом коефіцієнтів розподілу. Метод накладання та його застосування для розрахунку режимів роботи мережі.

Поняття про опори впливу. Розрахунок опорів впливу для розімкненої схеми мережі. Ітераційний розрахунок режиму роботи складнозамкненої електричної мережі за допомогою апарату коефіцієнтів розподілу та опорів впливу.

ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ

1. Регулювання напруги в електричних мережах енергосистем

Регулювання напруги та економічні режими мережі електричних систем. Загальні відомості. Якість електричної енергії та її характеристики. Відхилення та коливання напруги, причини їх виникнення, граничні величини, їхній вплив на роботу електроприймачів. Поняття про допустиму втрату напруги в електричній мережі.

Засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Регулювання напруги в мережі за рахунок змін рівнів напруги на шинах генераторів, активного та реактивного опору ліній, перерозподілу потоків реактивної потужності в мережі системи. Переваги та недоліки синхронних компенсаторів та батарей статичних конденсаторів. Поперечна компенсація як засіб регулювання напруги в мережі. Режим роботи БСК для поперечної компенсації. Розрахунок параметрів компенсуючих пристроїв при поперечній компенсації. Повздовжня компенсація як засіб регулювання напруги в мережі. Розрахунок параметрів УПК. Вибір кількості елементів та встановленої потужності УПК. Вибір місця встановлення в мережі компенсуючих пристроїв повздовжньої та поперечної компенсації.

Трансформаторні засоби регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Поняття про зустрічне регулювання напруги. Основні задачі, які вирішуються при регулюванні напруги на силових трансформаторах. Регулювання напруги за допомогою силових автотрансформаторів. Три схеми регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів. Регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів за умов прямого та реверсивного режиму їх роботи. Застосування ВДТ та ВДАТ для регулювання напруги в електричних мережах. Повздовжнє та поперечне регулювання напруги за допомогою ВДТ.

2. Особливі режими електричних систем

Загальна характеристика особливих режимів роботи електричних систем. Особливості розрахунку несиметричних режимів. Неповнофазні режими роботи ліній. Способи та засоби симетрування режиму електричної системи. Причини та наслідки несинусоїдальності кривих струму та напруги. Засоби компенсації вищих гармонік в електричних системах.

3. Далекі електропередачі

Протяжні лінії електропередачі надвисокої напруги. Основні технічні та економічні проблеми передачі електроенергії на великі відстані. Шляхи, методи та засоби збільшення пропускної здатності та економічності режимів роботи далеких електропередач.

Хвильові параметри далеких ЛЕП. Поняття про натуральну потужність. Режими роботи ДЕП з натуральною потужністю. Закономірності розподілу напруги в лінії в залежності від навантаження. Основні рівняння ДЕП. Розв'язок основних рівнянь ДЕП. Теорема Блонделя. Рівняння Штейнметца. Можливості розрахунку режиму ДЕП за спрощеними схемами заміщення. Послідовне та паралельне з'єднання чотириполюсників.

Поняття про коефіцієнти втрат потужності в ДЕП. Розрахунок режимів роботи в нормальних режимах роботи за умовами початку та кінця. Розрахунок режимів роботи ДЕП за умови фіксації рівнів напруги по її кінцях. Графічний розрахунок режимів роботи ДЕП за допомогою універсальних діаграм, побудованих за умовами початку та кінця

електропередачі та при фіксації модулів напруг по кінцях. Використання кругових діаграм для аналізу післяаварійних режимів роботи ДЕП. Режими синхронізації, холостого ходу, мінімального та максимального навантаження ДЕП та їхні особливості. Дослідження виникнення перенапруг у лініях. Розстановка шунтуючих реакторів за довжиною ДЕП. Дослідження режимів холостого ходу ДЕП. Особливості експлуатаційного ведення режиму холостого ходу ДЕП. Дослідження величини граничного значення передачі активної потужності ДЕП у залежності від довжини та хвильових параметрів лінії. Штучні заходи з підвищення пропускної здатності та дальності електропередачі енергії змінним струмом. Передача енергії чвертю хвилі на напівхвилю. Граничне значення транзиту передачі активної потужності в кінець ДЕП. Покриття дефіциту реактивної потужності на приймальному кінці ДЕП. Компенсація параметрів та налаштування ДЕП. Розрахунок параметрів компенсуючих та налаштовувальних пристроїв, встановлених у ДЕП з метою підвищення її пропускної здатності.

4. Регулювання частоти в енергосистемах

Баланс активної та реактивної потужності та якість електроенергії в системах. Графіки навантажень електричних станцій в енергосистемах. Графік навантаження енергосистеми та його покриття. Баланс та резерв активної потужності в енергосистемах. Баланс реактивної потужності в енергосистемах. Коефіцієнт потужності споживачів. Компенсуючі пристрої – статичні конденсатори та синхронні компенсатори. Показники якості електроенергії.

Регулювання частоти в енергосистемах. Статичні характеристики навантаження у вигляді функції від частоти. Регулятори швидкості турбін. Статичні та астатичні характеристики регуляторів швидкості.. Регульовальний ефект навантаження. Первинне регулювання частоти, недоліки первинного регулювання. Вторинне регулювання частоти. Регулювання частоти в системі за допомогою блоку нерегулюючих та частоторегулюючої станції. Експериментальне визначення навантажувальної, генеруючої та суміщеної статичних частотних характеристик системи. Розподілення додаткового приросту навантаження між окремими генераторами електростанцій. Регулювання частоти в аварійних режимах. Поняття про автоматичне частотне розвантаження та системи частотного автоматичного повторного включення (ЧАПВ). Принципи організації роботи черг АЧР I та АЧР II. АЧР вибіркової дії. Особливості регулювання частоти в об'єднаних енергосистемах.

ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Проблема надійності в техніці та енергетиці. Загальні положення теорії надійності технічних систем.

Термінологія та показники надійності технічних систем відповідно до Держстандарту України. Визначення головних показників надійності. Використання законів розподілу випадкових величин в задачах надійності.

Розрахунок характеристик надійності невідновлювальних систем для різних способів резервування. Розрахунок характеристик надійності відновлювальних нерезервованих об'єктів електроенергетичних систем з паралельно-послідовним з'єднанням елементів.

Метод мінімальних перетинів. Умови застосування. Основні поняття та послідовність використання.

Непараметрична оцінка надійності систем електропостачання. Надійність головних елементів електричних мереж. Показники надійності ЛЕП. Фактори, які впливають на надійність повітряних ЛЕП. Визначення показників надійності різних типів повітряних ЛЕП.

Показники надійності силових трансформаторів, вимикачів та іншої комутаційної апаратури електричних мереж.

Визначення основних напрямів підвищення надійності елементів електричних мереж. Класифікація споживачів електричної енергії. Фактори, які впливають на надійність електропостачання. Загальні критерії визначення збитків від припинення електропостачання. Цільова функція ефективності електропостачання та її оптимізація.

Нормування показників надійності при проектуванні систем електропостачання різних категорій споживачів.

Резерв потужності в енергосистемі та його вплив на надійність. Оптимізація вибору аварійного резерву потужності при проектуванні енергосистем.

Вплив засобів автоматизації на рівень надійності електричних мереж. Визначення надійності функціонування підстанцій електричних мереж. Використання засобів контролю та діагностики для підвищення надійності обладнання електричних мереж.

Класифікація неелектричних аварій. Визначення збитків на об'єктах електричних мереж. Шляхи підвищення надійності повітряних ЛЕП при утворенні ожеледі на дротах та грозозахисних тросах. Особливості плавки ожеледі на дротах повітряних ЛЕП напругою 110 кВ і вище. Використання постійного струму. Визначення тривалості плавки.

Формування математичних моделей надійності окремих елементів електроенергетичних систем та об'єднаної енергосистеми. Нормування засобів забезпечення надійності.

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЛЕП

Кліматичні умови функціонування повітряних ліній електропередач. Вплив температури оточуючого середовища на механічні навантаження. Навантаження від тиску вітру. Вібрація та пляска проводів. Навантаження від ожеледі. Характеристика кліматичних режимів.

Крива провисання проводу в прогоні. Стріла провису проводу. Критерії вибору кліматичного режиму з найбільшою стрілою провисання.

Основне рівняння стану проводу в прогоні.

Основні положення методу допустимих напружень. Критерії вибору вихідного кліматичного режиму. Критичні прогони.

Конструктивні схеми опор повітряних ліній. Габаритний, ваговий та вітровий прогони. Розрахунок навантажень на опори повітряних ліній.

Ізолятори повітряних ліній. Типи ізоляторів та лінійної арматури та їхнє конструктивне виконання. Вибір ізоляторів та лінійної арматури.

Вибір траси повітряної лінії. Повздовжній профіль траси. Розбивний шаблон. Розташування опор вздовж траси лінії. Перевірка опор на виривання.

Основні положення систематичного розрахунку проводів та тросів. Приведений прогін. Монтажні графіки та монтажні таблиці.

Аварійні режими роботи повітряної лінії. Редукція. Коефіцієнт редукції. Залежність редуційного тяжіння від пересування однієї з точок кріплення. Розрахунок редуційного тяжіння при обриві проводу в другому прогоні від анкерної опори. Розрахунок редуційного тяжіння при обриві в будь-якому прогоні.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Схеми заміщення повітряних та кабельних ліній. Визначення параметрів схем заміщення. Лінії з розщепленими параметрами. Схеми заміщення двох- та трьохобмоткових трансформаторів та автотрансформаторів. Визначення параметрів схем заміщення трансформаторів різних типів за каталожними даними. Розрахунок втрат потужності на корону у ПЛ.

2. Термінологія та показники надійності технічних систем відповідно до Держстандарту України. Визначення головних показників надійності. Використання законів розподілу випадкових величин в задачах надійності.

3. Вибір траси повітряної лінії. Повздовжній профіль траси. Розбивний шаблон. Розташування опор вздовж траси лінії. Перевірка опор на виривання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. Учебн. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 272 с.
2. Гук Ю.Б. Теория надежности в энергетике – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 208 с.
3. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Электричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 504 с.

4. Зеличенко А.С., Смирнов Б.И. Проектирование механической части воздушных линий сверхвысокого напряжения. – М.: Энергоиздат, 1981. – 336 с.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
6. Идельчик В.И. Расчеты установившихся режимов энергосистем. – М.: Энергия, 1977. – 192 с.
7. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. – Л.: Энергия, 1970. – 392 с.
8. Мельников Н.А. Электрические сети и системы. М.: Энергия, 1975. – 464 с.
9. Пospelов Г.Е., Федин В.Т. Энергетические системы. – Минск: Вышэйшая школа, 1974. – 272 с.
10. Расчет режимов электроэнергетических систем. Учебное пособие / Сулейманов В.Н. – К.: КПИ, 2001. – 100 с.
11. Синьчугов Ф.И. Расчет надежности электрических соединений. – М.: Энергия, 1971. – 176 с.
12. Сулейманов В.Н. Расчет и регулирование установившихся режимов работы электрических сетей энергосистем. – К.: НМК ВО, 1992. – 216 с.
13. Холмский В.Г. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей (специальные вопросы). – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.
14. Электрические системы. Режим работы электрических систем / Под ред. В.А. Веникова. – М. Высшая школа, 1975. – 344 с.
15. Электрические системы. Т.2. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1971. – 440 с.
16. Электрические системы. Т.6. Режимы работы электрических систем и сетей / Под ред. Веникова В.А. Учебное пособие для электроэнерг. вузов. – М.: Высшая школа, 1975. – 344 с.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070104 “Техніка і електрофізика високих напруг” та 8.05070104 “Техніка і електрофізика високих напруг”

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070104 “Техніка і електрофізика високих напруг” та 8.05070104 “Техніка і електрофізика високих напруг” направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

РОЗДІЛ 1. Електрофізичні основи техніки та електрофізики високих напруг

1. Класифікація розрядів. Вольт-амперна характеристика газового розряду. Самостійні та несамостійні розряди. Класифікація за часовими характеристиками та ступенем іонізації.

2. Взаємодія часток та її характеристики. Пружні та непружні зіткнення. Різні типи перерізів взаємодії часток. Якісні особливості залежностей перерізів взаємодії для електронів та іонів від відносної енергії часток. Переріз взаємодії у газових сумішах.

3. Рух носіїв заряду під дією електричного поля у газі (дрейф). Рухливість і швидкість часток. Зв'язок електропровідності газу з рухливістю носіїв заряду у ньому.

4. Головні процеси переносу в газах. Дифузія. Різновиди дифузії. Рівняння Фіка, коефіцієнт дифузії. Середня квадратична відстань переміщення часток у процесі дифузії. Зв'язок між рухливістю та коефіцієнтом дифузії (співвідношення Ейнштейна). Повздовжня та поперечна дифузія електронів у електричному полі. Їх співвідношення.

5. Амбіполярна дифузія: поняття та її характеристики. Коефіцієнти амбіполярної дифузії у випадках врівноваженої та неуврівноваженої плазми. Умови існування амбіполярної дифузії.

6. Рух зарядів у газі в присутності електричного та магнітного полів. Електрична провідність та струм Хола. Приклади використання відповідних явищ та залежностей.

7. Рух зарядів у газі в присутності електричного та магнітного полів. Дифузія заряджених часток у магнітному полі.

8. Теплопровідність газу та плазми. Рівняння теплопровідності. Коефіцієнти теплопровідності та температуропровідності, їх зв'язок з коефіцієнтом дифузії. Радіометричний (турбомолекулярний) ефект. Електронна теплопровідність (випадки низького та високого ступенів іонізації газу).

9. Бар'єрний ефект в електричній ізоляції.

10. Огляд елементарних процесів утворення та втрат заряджених часток у газі. Класифікація. Одноразова та ступінчаста іонізація. Енергія, необхідна для іонізації атома чи молекули. Різновиди рівней у атомі.

11. Утворення негативних іонів у газі. Головні поняття про способи та закономірності прилипання електронів. Особливості поведінки електронегативних газів у електричному полі. Приклади використання негативних іонів.

12. Кількісні характеристики процесу ударної іонізації електронами. Зв'язок коефіцієнту ударної іонізації та напруженості електричного поля. Експериментальні дані для коефіцієнтів ударної іонізації електронами та захоплення електронів.

13. Методика експериментального визначення коефіцієнту ударної іонізації.

14. Термічна іонізація газу. Різні форми рівняння Саха.

15. Ефект полярності в газових проміжках з неоднорідним полем.

16. Механізми втрат заряджених часток. Рекомбінація, її різновиди та характеристики. Експериментальне визначення коефіцієнту рекомбінації.

17. Вторинні процеси утворення заряджених часток у розрядному проміжку та іонізації у газі. Фотоіонізація.

18. Закономірності розвитку лавини електронів з урахуванням іон-електронної емісії електронів з катоду та ударної іонізації електронами.

19. Закономірності розвитку лавини електронів з урахуванням ударної іонізації електронами, іон-електронної емісії електронів з катоду та прилипання електронів.

20. Урахування дії фотонів початкової та наступних лавин на катод у процесі іонізації газу у проміжку.

21. Закономірності зміни радіусу лавини електронів під час її розвитку.

22. Критерії пробою газового проміжку (багатолавинний та стрімерний механізми). Умова самостійності розряду.

23. Механізми пробою у однорідних (квазіоднорідних) електричних полях. Розвиток розряду у різконеоднорідному полі. Корона. Початкові та пробивні напруги у проміжках з неоднорідним полем. Ефект полярності.

24. Закон Пашена для пробивних напруг газових проміжків. Інтерпретація. Приклади відповідних характеристик для різних газів. Практичні формули, що відповідають закону Пашена, для розрахунків пробивних напруг проміжків з повітрям та елегазом. Ефект тонких прошарків. Відхилення від закону Пашена.

25. Закон подібності розрядів у випадках однорідних та неоднорідних електричних полів. Мікронеоднорідності на поверхні електродів. Вплив розмірів неоднорідності на пробивні характеристики проміжків залежно від величини тиску газу.

26. Пробій газів під підвищеним тиском у різконеоднорідних полях. Аномалії у залежностях розрядної напруги від тиску.

27. Коронний розряд. Вірогідність появи корони на електродах проміжку. Ефект площі електродів.

28. Характеристики пробою проміжку між двома електродами з неоднорідним полем. Початкові та розрядні напруги для проміжку між двома коаксіальними циліндрами. Зв'язок ступеню неоднорідності поля та щільності газу.

29. Застосування різних типів розрядних проміжків у високовольтній техніці. Особливості пробивних характеристик проміжків сфера-сфера та стрижень-стрижень.

30. Характеристики імпульсів напруги і струму, які застосовують для випробувань високовольтного електрообладнання.

31. Вольт-секундні характеристики ізоляції. Експериментальне визначення ВСХ. Координація ізоляції.

32. Розряд по поверхні твердих діелектриків в газі.

РОЗДІЛ 2. Перенапруги та їх обмеження в електричних мережах

33. Визначте впливаючі на ізоляцію напруги для мереж з ізолюваною та заземленою нейтраллю. Переваги та недоліки електричних мереж з глухим заземленням нейтралі та з ефективно заземленою нейтраллю.

34. Умови заземлення нейтралі електричних мереж через дугопогашуючий реактор. Схеми їх ввімкнення.
35. Стаціонарні перенапруги при замиканні фази на землю в системах з ізольованою нейтраллю. Векторна діаграма.
36. Допустима протяжність електричних мереж з ізольованою нейтраллю без заземлюючих реакторів. Вибір заземлюючих реакторів для мереж.
37. Перенапруги ємнісного ефекту. Методи їх обмеження.
38. Принципи вибору конструкцій заземлення підстанцій з метою зменшення на її території напруг дотику та крокових.
39. Використання реакторів поперечної компенсації на лініях електропередавання.
40. Перенапруги при відключенні ненавантажених ліній електропередавання.
41. Перенапруги при відключенні вакуумним вимикачем ненавантаженого трансформатора.
42. Перенапруги внаслідок обриву малого індуктивного струму (вимкнення трансформатора, двигуна). Засоби їх обмеження.
43. Поясніть у яких випадках в лініях електропередавання виникають перенапруги ємнісного ефекту.
44. Опишіть, чому при відключенні ненавантаженої лінії на ній виникають перенапруги.
45. Вентильні розрядники: конструкції, вольт-секундна і вольт-амперна характеристики, залишкова напруга, використання.
46. Принцип дії, характеристики та використання обмежувачів перенапруг нелінійних.
47. Залишкова напруга на вентильному розряднику при набіганні по лінії грозового імпульсу.
48. Заломлення та відбиття електромагнітних хвиль у вузлових точках.
49. Опишіть природу виникнення перенапруг на лінії електропередавання при ліквідації на ній короткого замикання.
50. Основні характеристики ОПН, їх призначення та використання.
51. Магнітно-вентильні розрядники: принцип дії, параметри, схема використання, конструкції.
52. Блискавка як джерело перенапруг: види гроз, характеристики лінійної блискавки, амплітуда і стрімкість фронту струму, їх ймовірність.
53. Зона захисту одиничного та подвійного блискавковідводів. Їх ефективність в залежності від висоти.
54. Заземлення блискавковідводів, що розміщені на підстанції. Способи їх приєднання до заземлення підстанції.
55. Питомий показник грозових відключень ЛЕП. Його залежність від наявності грозозахисних тросів та АПВ.
56. Максимальні перенапруги в обмотках силових трансформаторів. Їх залежність від режиму нейтралі трансформатора.
57. Природа градієнтних перенапруг в обмотках силових трансформаторів.
58. Взаємозв'язок конструкції ізоляції силових трансформаторів з грозовими перенапругами в обмотці та режимом нейтралі.
59. Внутрішній захист обмоток силових трансформаторів від шкідливої дії грозових імпульсів.
60. Розподіл зворотнього струму в землі на лініях електропередавання постійного струму та промислової частоти.
61. Високочастотний зв'язок по високовольтних лініях електропередавання: схеми, принципи дії, параметри елементів.
62. Експлуатаційні впливи на ізоляцію. Визначте розрахункову напругу, яка впливає на ізоляцію в робочому режимі та у разі внутрішніх перенапруг.

63. Експлуатаційні впливи на ізоляцію. Визначення амплітуди максимальної напруги, яка діє на ізоляцію у разі грозових перенапруг. Теплові та механічні впливи і їх причини.

64. Ізоляція ЛЕП. Вибір ізоляційних проміжків у прольотах між фазними проводами, між проводом і грозозахисним проводом, між проводом і землею.

65. Лінійні штирьові ізолятори – типи та області застосування. Визначте розрядні шляхи – у сухому і вологому стані поверхні, геометричну довжину шляху витоку.

66. Розподіл напруги по гірлянді ізоляторів. Причини нелінійностей і способи поліпшення розподілу напруги по гірлянді.

РОЗДІЛ 3. Основи проектування високовольтної ізоляції

67. Апарати з газовою ізоляцією. Конструкція основних елементів. Шинопроводи, ізоляційні розпірки і методика їхнього вибору.

68. Прохідні ізолятори. Типи і конструкції для різних класів напруги.

69. Прохідні ізолятори - розрахунок струмопровідного стрижня.

70. Розрахунок внутрішньої ізоляції прохідного ізолятора з повітряною порожниною.

71. Розрахунок внутрішньої ізоляції прохідного ізолятора із суцільним діелектриком.

72. Регулювання поля конденсаторними обкладками у вводах. Основні умови розрахунку. Типи вводів з ізоляцією конденсаторного типу. Конструкції, характеристики, умови застосування.

73. Тепловий розрахунок. Визначення потужності, що виділяється у вводі.

74. Тепловий розрахунок. Визначення розподілу температур у поверхні ввода.

75. Тепловий розрахунок. Визначення потужності, що відводиться з поверхні ввода.

76. Тепловий розрахунок. Визначення точок теплової рівноваги ввода.

77. Герметичні оболонки й ізоляційні матеріали. Розподіл полів у кабелях типу СБ і ОСБ. Конструкція. Переваги і недоліки.

78. Електричний розрахунок кабелю типу ОСБ. Приклад розрахунку.

79. Градування ізоляції кабелю. Приклад розрахунку.

80. Розрахунок конусного екрану кабельної муфти.

81. Визначте класифікацію ізоляції масляних трансформаторів. Нарисуйте ескіз ізоляції трансформатора 35 кВ та поясніть призначення основних елементів.

82. Що таке короточасна міцність маслобар'єрної ізоляції силового трансформатора. Від чого вона залежить. До яких наслідків призводить її пробій.

83. Поясніть особливості ізоляції силових трансформаторів вищих класів напруги (220 кВ). Нарисуйте ескіз такої ізоляції та поясніть призначення елементів. Поясніть технологічну схему виготовлення високовольтної ізоляції трансформаторів.

84. Що таке частковий розряд в маслобар'єрній ізоляції, якими параметрами він характеризується. Нарисуйте схеми виміру часткових розрядів, які рекомендовані ГОСТ 20074, та поясніть принцип їх роботи.

85. Поясніть вплив перехідних процесів, які виникають при набіганні грозової хвилі на обмотку трансформатора, на конструкцію ізоляції котушок та витків. Використовуючи схему заміщення обмотки доведіть необхідність в підсиленні ізоляції та вкажіть найбільш перенапружені місця обмотки.

86. Яке початкове розподілення напруги по обмотці трансформатора буде у разі набігання на неї грозової хвилі стандартної форми? Яка різниця у кривих розподілення напруги для трансформатора з заземленою нейтраллю та ізольованою? Обґрунтуйте свої висновки.

87. Що є причиною виникнення максимальних потенціалів на обмотці трансформатора при набіганні грозової хвилі? Приведіть графіки максимальних потенціалів для випадку заземленої та ізольованої нейтралі та поясніть їх характер.

88. Поясніть принцип захисту від імпульсних перенапруг обмоток трансформатора за допомогою екранних кілець та витків.

89. Обґрунтуйте вибір паперово-масляної ізоляції трансформатора струму ланцюгового типу виходячи з допустимої напруженості в паперовій ізоляції.

90. Обґрунтуйте вибір паперово-масляної ізоляції трансформатора струму ланцюгового типу виходячи з допустимої напруженості в масляному клині.

91. Обґрунтуйте необхідність застосування конусного екрану в конструкціях кабельних муфт та виведіть аналітичну залежність для розрахунку його форми.

92. Охарактеризуйте ізоляцію трансформаторів напруги класів 6 кВ, 35 кВ та 110 кВ використовуючи ескізи їх конструкцій.

93. Охарактеризуйте основні типи ізоляції електричних машин та параметри по яким її класифікують. Поясніть на ескізі конструкції ізоляції електричної машини склад та призначення її елементів.

94. Визначте найбільш електрично навантажені точки ізоляції електричної машини та поясніть принципи та способи вирівнювання електричного поля в цих точках.

95. Дайте визначення довгострокової міцності ізоляції електричної машини та знайдіть аналітичний вираз для пробивної напруги в повітряному включенні ізоляції певного розміру.

96. Дайте визначення класифікації конденсаторів по застосуванню. Опишіть конструкцію силового конденсатора та дайте характеристику ізоляційних матеріалів, які використовуються для їх виготовлення.

97. Дайте визначення характеристик конденсаторної ізоляції – діелектричної проникності та тангенсу діелектричних втрат для сухого та просоченого паперу.

98. Дайте визначення короточасної електричної міцності конденсаторної ізоляції. Поясніть які фактори сприяють її підвищенню або зниженню. Приведіть якісну залежність між товщиною пакету ізоляції та пробивною напруженістю.

99. Обґрунтуйте для ізоляції конденсаторів методику розрахунку часу, який необхідний для переходу початкових часткових розрядів у критичні. Що визначає цей час? Для ізоляції якого типу розрахунок може бути застосований?

100. Проаналізуйте основні фактори, які визначають довгострокову міцність конденсаторної ізоляції. Обґрунтуйте аналітичне визначення робочої напруженості в ізоляції конденсаторів по допустимому рівню часткових розрядів.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Характеристики пробою проміжку між двома електродами з неоднорідним полем. Початкові та розрядні напруги для проміжку між двома коаксіальними циліндрами. Зв'язок ступеню неоднорідності поля та щільності газу.
2. Експлуатаційні впливи на ізоляцію. Визначте розрахункову напругу, яка впливає на ізоляцію в робочому режимі та у разі внутрішніх перенапруг.
3. Дайте визначення характеристик конденсаторної ізоляції – діелектричної проникності та тангенсу діелектричних втрат для сухого та просоченого паперу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. Статистична обробка результатів спостережень. Метод. вказівки до викон. курсової роботи з дисципліни "Математичні задачі енергетики" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. В. К. Беляєв. – К.: ВПВГІК "Політехніка", 2005. – 20 с.
3. Типові контрольні завдання з дисципліни "Електрофізичні основи фаху" (частина 1) для студентів спеціальності 7.090604 "Техніка і електрофізика високих напруг" / Укл.: В.О. Шостак. – К.: Політехніка, 2001. – 8 с.
4. Системи локації блискавок та реєстрації їх параметрів. Матеріали до курсу лекцій з дисципліни "Атмосферні електромагнітні явища" для студентів спеціальності 7.090604 "Техніка і електрофізика високих напруг" / Укл.: В. О. Шостак, В. І. Янішевський, В. О. Бржезицький, В. К. Беляєв. – К.: НТУУ КПІ, 2001. – 36 с.
5. Електричне поле в кусково-однорідному середовищі: Метод. вказівки до викон. курсової роботи з дисципліни "Методи розрахунку та аналізу електричних полів" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. В. К. Беляєв. – К.: ВПІ ВІК "Політехніка", 2005. – 12 с.
6. Бржезицький В. О., Беляєв В. К., Ільєнко О. С., Соколовський С. А. Методичні вказівки з вибору обмежувачів перенапруг нелінійних виробництва підприємства „Таврида Електрик” для електричних мереж 6-35 кВ / НВЦ „ЄКОСІ - Гідрофізика”, 2002. – 80 с.
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи проектування високовольтної ізоляції" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих

- напруг": У 2 ч. / Уклад.: В. М. Козюра, О. Р. Проценко, С. А. Соколовський. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002. – Ч. 1. – 44 с.
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу "Основи проектування високовольтної ізоляції" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. О. Р. Проценко. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002 – 56 с.
 9. Основи проектування високовольтної ізоляції: Метод. вказівки до практ. занять для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. О. Р. Проценко. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2003. – 52 с.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070106 «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» та 8.05070106 «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії»

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070106 «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» та 8.05070106 «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

I. МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ ЕНЕРГЕТИКИ

РОЗДІЛ 1. Моделювання і аналіз усталених режимів електроенергетичних систем (ЕЕС)

Тема 1.1. Моделювання електроенергетичних систем.

Моделювання ЕЕС [1]. Загальні положення. Поняття моделі. Види моделей. Об'єкт моделювання ЕЕС. Етапи побудови моделей ЕЕС. Структура моделі ЕЕС.

Тема 1.2. Розрахункові схеми електричних мереж [1, 2].

Основні елементи електричних мереж та схеми їх заміщення. Загальні визначення і припущення. Схеми заміщення ЛЕП, трансформаторів, вузлів генерації і навантаження, комутаційних апаратів.

Визначення параметрів схем заміщення [2]. Схеми заміщення електричної мережі. Розрахункова схема електричної мережі. Параметри режиму при моделюванні елементів електричної мережі [1, 2].

Тема 1.3. Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі.

Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі [2]. Основні задачі. Вихідні дані та результати обчислень. Аналіз вхідної та вихідної інформації.

Тема 1.4. Рівняння усталеного режиму електричної мережі.

Рівняння усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей [2, 5]. Вихідні положення. Виведення рівнянь усталеного режиму. Варіанти запису рівнянь усталеного режиму. Рівняння усталеного режиму у формі з розділенням комплексів в полярній системі координат. Рівняння усталеного режиму у прямокутній системі координат. Приклади.

Матрична форма запису системи рівнянь усталеного режиму [1, 2]. Варіанти запису. Матриця провідностей і її властивості. Перетворення системи рівнянь. Приклади.

Тема 1.5. Прямі методи розв'язання систем лінійних рівнянь усталеного режиму.

Системи лінійних рівнянь усталеного режиму [1, 2, 5]. Розв'язання СЛР методами упорядкованого виключення невідомих (метод Гауса). Приклади розв'язання систем рівнянь.

Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму методом подвійної факторизації [2]. Приклади розв'язання систем рівнянь.

Обернення матриці коефіцієнтів системи рівнянь усталеного режиму [1]. Приклади.

Тема 1.6. Ітераційні методи розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму.

Загальна характеристика ітераційних методів [2]. Збіжність методів. Перетворення вихідної системи рівнянь. Узагальнений алгоритм.

Методи ітерації. Розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму ітераційним методом Зейделя [1, 2, 5]. Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.

Тема 1.7. Розв'язання рівнянь усталеного режиму методом Ньютона - Рафсона.

Методи Ньютона і Ньютона-Рафсона [2,5]. Загальна постановка задачі. Суть методів. Виведення основних співвідношень. Загальний алгоритм методів.

Формування систем рівнянь усталеного режиму для розв'язання методом Ньютона-Рафсона [2, 5]. Рівняння усталеного режиму у формі нев'язок. Структура лінеаризованих систем рівнянь. Матриця Якобі і формули для обчислення її елементів.

Застосування методу Ньютона-Рафсона для розв'язання системи рівнянь усталеного режиму. Загальний алгоритм обчислень. Вхідні і вихідні дані. Приклади. Організація обчислення усталеного режиму електричної мережі методом Ньютона-Рафсона.

Тема 1.8. Обчислення параметрів режиму електричної мережі.

Заклучні обчислення параметрів режиму електричної мережі [2]. Обчислення струмів і потоків потужностей у ділянках, ін'єкцій струмів і потужностей у ділянках, ін'єкцій струмів і потужностей у вузлах електричної мережі. Обчислення втрат потужності. Баланс потужностей.

РОЗДІЛ 2. Оптимізація режимів електроенергетичних систем.

Тема 2.1. Задачі оптимізації режимів ЕЕС.

Основні задачі оптимального управління електроенергетичним системами [1]. Основні визначення. Екстремуми функцій [3]. Чисельні методи оптимізації [3]. Методи перебору. Методи покоординатної оптимізації.

Тема 2.2. Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС.

Математичні моделі оптимізації режимів електроенергетичних систем [4]. Загальні положення. Постановка задачі оптимізації режиму. Цільова функція. Залежні і незалежні параметри режиму. Управляючі параметри. Приклади.

Тема 2.3. Обмеження при оптимізації усталених режимів ЕЕС.

Обмеження при оптимізації усталеного режиму. Загальні положення [4]. Обмеження у вигляді рівнянь і у вигляді нерівностей. Приклади.

Урахування обмежень у вигляді рівнянь. Метод Лагранжа [1].

Урахування обмежень у вигляді нерівностей [4]. Метод штрафних функцій. Штрафні функції. Приклади.

Тема 2.4. Методи оптимізації режимів енергосистем.

Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа [4]. Постановка задачі. Основні співвідношення. Алгоритм. Приклад розв'язання задачі оптимізації розподілу активних потужностей методом Лагранжа.

Методи визначення відносних приростів втрат потужностей.

Застосування градієнтних методів для оптимізації режимів енергосистем [4]. Основні визначення градієнтних методів. Загальні положення. Градієнтний метод оптимізації режимів. Загальний алгоритм метода. Графічна інтерпретація.

Визначення складових вектора-градієнта [4].

Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом.

Урахування обмежень у формі рівнянь в градієнтних методах. Метод приведенного градієнту.

РОЗДІЛ 3. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики в задачах електроенергетики

Тема 3.1. Основні визначення теорії ймовірностей.

Поняття і визначення теорії ймовірностей [1]. Випадкові події, величини, функції. Статистична ймовірність. Властивості ймовірності.

Тема 3.2. Незалежні і залежні випадкові події.

Незалежні випадкові події [1]. Закони визначення ймовірності незалежних випадкових подій. Повна група подій. Приклади.

Залежні випадкові події [1]. Умовна ймовірність. Закони визначення ймовірності залежних випадкових подій. Приклади.

Тема 3.3. Випадкові величини.

Випадкові величини [1]. Види випадкових величин. Числові характеристики дискретних випадкових величин. Математичне очікування і його властивості. Приклади.

Випадкові величини. Дисперсія дискретної випадкової величини та її властивості. Середньоквадратичне відхилення. Момент випадкової величини. Початковий та центральний моменти. Приклади.

Завдання дискретної випадкової величини [1]. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона.

Тема 3.4. Функція і щільність розподілу ймовірностей.

Функція розподілу ймовірностей випадкової величини [1]. Визначення. Властивості. Графік функції. Приклади. Щільність розподілу ймовірностей випадкової величини [1]. Визначення. Властивості. Приклади. Числові характеристики безперервних випадкових величин.

Тема 3.5. Закони розподілу ймовірностей.

Закон рівномірного розподілу ймовірностей [1]. Визначення. Аналітичне подання. Графік. Властивості. Числові характеристики. Приклади.

Нормальний розподіл ймовірностей [1]. Визначення. Аналітичне подання. Графік. Властивості. Правило "трьох сигм". Приклади. Показовий розподіл

ймовірностей [1]. Аналітичне подання. Графік. Числові характеристики. Показовий закон надійності.

II. ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

РОЗДІЛ 1. Лінійні неперервні АСР

Тема 1.1. Принципи управління.

Принцип компенсації (принцип управління по збуренню). Принцип розімкненого управління. Принцип зворотного зв'язку (принцип управління по відхиленню). Принцип комбінованого управління

Тема 1.2. Класифікацію САУ.

Статичні та астатичні САУ.

Системи програмного управління. Слідкуючі системи. Системи з пошуком екстремума показника якості. Системи оптимального управління. Адаптивні системи. Оптимальна адаптивна САУ. Адаптивна САУ, що самонастроюється. Адаптивна САУ, що самоорганізується. Адаптивна САУ, що самонавчається

Безперервні та дискретні САУ

Тема 1.3. Основні відомості з динаміки АСР

Тема 1.4. Динамічні характеристики АСР

Тема 1.5. Типові ланки АСР

Тема 1.6. Основні властивості типових об'єктів регулювання

Тема 1.7. Математичне моделювання автоматичних систем. Рівняння статички і динаміки.

Тема 1.8. Перетворення структурних схем об'єктів регулювання.

Тема 1.9. Основні лінійні закони регулювання.

Тема 1.10. Структурні схеми передаточні функції АСР.

Тема 1.11. Астатизм АСР

Тема 1.12. АСР з компенсацією збурення

Тема 1.13. Стійкість АСР

Тема 1.14. Оцінка якості АСР

Тема 1.15. Розрахунок відлагоджень лінійних неперервних одноконтурних АСР

Тема 1.16. АСР з нелінейними регуляторами

Література [1], [2], [3], [4], [5], [6], [10], [11].

РОЗДІЛ 2. Дискретні системи з цифровими регуляторами)

Тема 2.1. Математичні основи теорії дискретних АСР

Тема 2.2. Цифрові регулятори

Тема 2.3. Структурна схема дискретної АСР з цифровим регулятором

Тема 2.4. Передатні функції дискретної АСР з цифровим регулятором

Тема 2.5. Критерії якості дискретних АСР з цифровими регуляторами

Тема 2.6. Оптимальні значення параметрів настройки цифрових регуляторів

Тема 2.7. Перехідні процеси у дискретних АСР з цифровими регуляторами

Тема 2.8. Стійкість дискретних АСР з цифровими регуляторами

Література [7], [8], [9], [10], [11].

III. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Тема 1. Призначення релейного захисту. Основні вимоги до системи релейного захисту. Етапи розвитку.

Література [1] с.5-20, [2] с.5-7, [5] с. 5-17

Тема 2. Пошкодження і ненормальні режими в електричній частині енергосистеми. Векторні діаграми коротких замикань.

Література [1] с.5-20, [2] с.5-7, [5] с. 5-17

Тема 3. Інформація, що використовується в процесі функціонування систем релейного захисту, її особливості, характер змін.

Література [2] с.5-7, [5] с. 18-26.

Тема 4. Загальна структура систем релейного захисту. Джерела оперативного струму. Елементна база приладів релейного захисту.

Література [2] с.5-7, [5] с. 18-26.

Тема 5. Вимірювальні трансформатори струму, принципи дії, основні параметри. Схеми з'єднання трансформаторів струму в трифазних системах змінного струму, особливості їх роботи при різних видах КЗ.

Література [1] с.59-100 [4] с.22-36, [5] с.92-111.

Тема 6. Фільтри симетричних складових струму. Робота трансформаторів струму в перехідних режимах. Похибки, схема заміщення, характеристика намагнічування трансформаторів струму.

Література [1] с.59-100 [4] с.22-36, [5] с.92-111.

Тема 7. Вимірювальні трансформатори напруги, принцип дії, основні параметри. Схеми з'єднання. Ємнісні дільники напруги. Фільтри симетричних складових напруги. Похибки, схема заміщення трансформаторів напруги. Пошкодження у вторинних колах вимірювальних трансформаторів напруги і контроль їх працездатності.

Література [1] с. 143-180, [4] с.22-36, [5] с.27-80, 155-127.

Тема 8. Максимальний захист за струмом (МЗС). Принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Максимальний захист за струмом з блокуванням мінімальної напруги.

Література [1] с.193-201, [4] с.150-176, [5] с. 117-147.

Тема 9. Максимальний захист за струмом оберненої послідовності (МЗСІ2). Принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, визначення чутливості. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.193-201, [4] с.150-176, [5] с. 117-147.

Тема 10. Відсічка за струмом, принцип дії, відмінності від МЗС, призначення. Розрахунок параметрів спрацювання. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Сумісне використання відсічки за струмом і МЗС. Відсічка за струмом на лініях з двостороннім живленням.

Література [1] с.193-201, [4] с.160-176, [5] с. 147-155.

Тема 11. Направлені максимальні захисти за струмом (МНЗС). Принципи дії, забезпечення селективності. Реле направлення потужності (KW). Схеми включення реле направлення потужності. Поведінка реле направлення потужності в непошкоджених фазах. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації МНЗС, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.201-232, [4] с.212-219, [5] с. 188-205.

Тема 12. Поведінка реле направлення потужності в непошкоджених фазах. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації МНЗС, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.201-232, [4] с.212-219, [5] с. 172-189.

Тема 13. Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з заземленою нейтраллю. Максимальний захист за струмом нульової послідовності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Максимальний направлений захист за струмом нульової послідовності (МНЗСНП). Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.201-232, [4] с.181-186, 212-219, [5] с. 189-210.

Тема 14. Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллями. Основні вимоги до захисту. Принципи виконання захистів від замикання на землю в мережах з малими струмами замикання на землю. Трансформатор струму нульової послідовності.

Література [1] с.201-232, [4] с.181-186, 212-219, [5] с. 211-231.

Тема 15. Дистанційні захисти. Призначення і принцип дії. Характеристики витримок часу дистанційних захистів. Елементи дистанційних захистів і їх взаємодія. Характеристика спрацювання реле опору (KZ) в комплексній площині. Блокування дистанційних захистів при коливаннях в електричній системі. Блокування дистанційних захистів при пошкодженні в колах напруги. Розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності дистанційного захисту. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Література [1] с.232-273, [2] с. 267-289, [4] с. 195-212, [5] с.271-281.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	
60-64	E	Задовільно
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Випадкові величини. Види випадкових величин. Числові характеристики дискретних випадкових величин. Математичне очікування і його властивості. Приклади.
2. Розрахунок відлагоджень лінійних неперервних одноконтурних АСР
3. Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з заземленою нейтраллю. Максимальний захист за струмом нульової послідовності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Максимальний направлений захист за струмом нульової послідовності (МНЗСНП). Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Список літератури до дисципліни «Математичні задачі енергетики»

Список літератури до розділу 1.

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики. Учебник для студентов вузов / Под ред. В.А.Веникова – М.: Высшая школа, 1981 – 288 с.
2. Идельчик В.И. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и сисем. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики – Львів: Видавництво при Львівському університеті, 1982 – 380 с.
4. Математичні моделі електроенергетичних систем: Навчальний посібник / В.П.Мельник – К.: ІСДО, 1993 – 336с.

Список літератури до розділу 2.

5. Методы оптимизации режимов энергосистем / В.М.Горнштейн, Б.П.Мирошниченко, А.В.Пономарев й др., под ред. В.М.Горнштейна – М.: Энергия, 1981 – 336 с.
6. Арзамасцев Д.А. и др. АСУ и оптимизация режимов энергосистем. Учебное пособие для студентов ВУЗов – М.: «Высшая школа», 1983 – 208 с.

Список літератури до розділу 3.

7. Глурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для ВУЗов – М.: «Высшая школа», 1972.
8. Электрические системы. Электрические расчеты, программирование й оптимизация режимов / Под ред. В.А.Веникова. Учебное пособие для электроэнергетических ВУЗов – М.: «Высшая школа», 1973.

Список літератури до дисципліни «Теорія засобів керування»

1. Ципкин Я.З. Основы теории автоматических систем. – М.: Наука, 1977 – 560с.
2. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование: Учебник – М.: Машиностроение, 1978 – 736 с.
3. Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования непрерывных систем – М.: Энергоиздат, 1980.

4. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления: Особые линейные и нелинейные системы – М.: Энергоиздат, 1981– 304 с.
5. Теория автоматического управления: Учебник для вузов по специальности «Автоматика и телемеханика» в 2-х частях, 1. Теория линейных систем автоматического управления / Н.А. Бабаков, А.А. Воронова и др., под ред. А.А. Воронова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986 – 367 с.
6. Первозванный А.А. Курс теории автоматического управления: Учебное пособие – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986 – 616 с.
7. Х.Гурецкий Анализ и синтез систем управления с запаздыванием: Перевод с польского к.т.н. доц. Дмитриева – М.: Машиностроение, 1974 – 328 с.
8. Бойко Н.П., Стеклов В.К. Система автоматического управления на базе микро-ЭВМ – К.: Техника, 1989 –182 с.
9. Расчет непрерывно-дискретных систем частотным методом / А.Ш. Бахшашев, Г.Н. Черкашин, Н.А. Рюмин – К.: Техника, 1992 –275 с.
10. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для студентов вузов. / Под ред. В.А. Бесекерского, 5-е изд., перераб. – М.: Наука, 1978 – 512 с.
11. Кулаков Г.Г. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: Справочное пособие – Минск: Высшая школа, 1989 – 192 с.

Список літератури до дисципліни «Релейний захист електричних систем»

Основна література

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем – М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Гельфанд Я.С. Релейная защита распределительных сетей – М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Гасвенко Ю.О. та інш. Пристрої релейного захисту на напівпровідниках – К.: Техніка, 1969.
4. Беркович М.М. и др. Основы техники релейной защиты – М.: Энергоатомиздат. 1984.
5. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита – М.: Энергоатомиздат, 1998 – 800 с.
6. Морозкин В.П. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты – М.: Энергоатомиздат, 1988.
7. Автоматика злектроенергетических систем / Под редакцией В.Л. Козиса и Н.И. Овчаренко – М.: Энергоиздат, 1981.
8. Руководящие указания по релейной защите (Вып. 1-к) – М.: Энергия, 1961-1998.
9. Беркович М.А., Семенов В.А. Основы автоматизации энергосистем – М.: Энергия, 1984.
10. Дроздов А.Д. и др. Автоматизация энергетических систем – М.: Энергия, 1977.
11. Э.М. Шнеерсон. Дистанционные защиты – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.

Додаткова література

12. Митюшкин К.Г. Телемеханика в энергосистемах – М.: Энергия, 1975.
13. Барзам А.Б. Системная автоматика – М.: Энергия, 1975.
14. Правила влаштування електроустановок – К.: Техніка, 1988.
15. Овчаренко М.И. Элементы автоматических устройств энергосистем: Учебное пособие для вузов. В 2-х книгах 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070107 “Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії” та 8.05070107 “Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії”

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070107 “Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії” та 8.05070107 “Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії” направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

I. СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

РОЗДІЛ 1. Загальні відомості про сонячну енергетику

Тема 1.1. Сонячна енергетика в Україні та у світі. Ресурси і виробництво сонячної енергії. Типи сонячних електростанцій Програмні засоби для розрахунку просторово-часового розподілу сонячної радіації.

Тема 1.2. Параметри сонячного випромінювання, розрахунок сонячної радіації
Характеристики джерела сонячної радіації. Спектральний склад сонячного випромінювання .Атмосферна маса .Складові сонячної радіації поблизу земної поверхні
Сонячний час, сонячні кути .Типи сонячних електростанцій.
Література [1-5].

РОЗДІЛ 2. Фізичні основи фотовольтаїки

Тема 2.1. Електронні та оптичні процеси в напівпровідниках

Кристалічна структура Si і Ge. Зонна структура і густина електронних станів. Електронно-діркові (pn-) переходи. Поглинання електромагнітного випромінювання в напівпровідниках. Прямі та непрямі електронні переходи. Рекомбінація електронів і дірок. Термін життя носіїв струму.

Тема 2.2. Параметри сонячних елементів

Основні параметри сонячних елементів (напруга холостого ходу, струм к.з., фактор заповнення та ін). Розрахунок ККД перетворення сонячної енергії. Еквівалентна схема ідеального сонячного елемента. Еквівалентні схеми реальних сонячних елементів. Параметри реальних фотом одулів. Матеріали для ФЕП. Оптимізація конструкції кремнієвих фотом одулів. Сонячні елементи з гетероперехідами.
Література [6-8]

РОЗДІЛ 3. Електронні пристрої СЕС

Тема 3.1. Електричні характеристики систем фотоелектричних перетворювачів

Експериментальні обмеження. Процеси втрат. Часткове затінення систем ФЕП. Невідповідності при послідовному включенні фотомодулів. Ефект обвідних діодів. Комп'ютерне моделювання роботи фотомодулів. Методи обчислення ВАХ. Рішення нелінійних рівнянь ВАХ методом Ньютона. Модель ФЕП з послідовним і паралельним опорами. Режими короткого замикання, холостого ходу, максимальної потужності (MPPT) Визначення параметрів реальних фотомодулів з експериментальних ВАХ. ВАХ різних сполучень фотомодулів.

Тема 3.2. Компоненти силової електроніки СЕС

Керовані та некеровані вентиля. Статичні характеристики діодів і тиристорів. Підвищувальний та понижувальний конвертори. Широтно-імпульсна модуляція. Безтрансформаторна схема перетворення напруги в СЕС. Інвертори струму і напруги. Спостереження вихідної напруги інверторів. Фільтрація напруги. Схеми компенсації реактивної потужності.

Література [7-9].

РОЗДІЛ 4. Проектування СЕС

Тема 4.1. Підготовчі розрахунки та створення макету

Розрахунок радіації на горизонтальну та похилу поверхні. Вибір типу фотомодулів. Побудова електричної конфігурації СЕС: центральний інвертор і паралельні ряди модулів; системи з інвертора в кожному ряду. Захисно-комутаційне обладнання. Трансформаторна станція. Вимірювальні пристрої та засоби збору метеоданих

Тема 4.2. Розрахунок робочих режимів, аварійних ситуацій і ефективності

Стандарти електробезпеки ФЕП. Оптимізаційні розрахунки. Визначення режиму роботи і параметрів інверторів. Розрахунок струмів к.з. Розрахунок передбачуваного вироблення електроенергії.

Література [10-13].

II ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

РОЗДІЛ 1. Предмет і задачі дисципліни

Тема 1.1. Загальна характеристика вітроенергетики. Історія розвитку вітроенергетики. Особливості розвитку світової вітроенергетики. Вітроенергетика України. Нові можливості вітроенергетики.

Тема 1.2 Загальні відомості з аеродинаміки. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Течія, циркуляція та потенціал швидкості. Теорема Гельмгольца. Критерії подібності.

Тема 1.3 Визначення аеродинамічних коефіцієнтів. Поляра Лілієнталя. Вісі координат і аеродинамічні коефіцієнти. Центр тиску. Індуктивний опір лопаті. Теорема Н.С.Жуковського про підйомну силу лопаті.

Література [1], [2], [3], [4].

РОЗДІЛ 2. Системи вітроустановок

Тема 2.1 Робота поверхні при дії на неї сили вітру. Робота ротора крильчастого вітродвигуна. Підйомна сила циліндра, що обертається ефект Магнуса).

Тема 2.2 Класифікація вітродвигунів та їх порівняння. Вітродвигуни, що використовують силові властивості потоку. Вітродвигуни, що використовують швидкісні

властивості потоку. Вітродвигуни, що використовують комбіновано властивості вітрового потоку.

Література [2], [7], [8], [9].

РОЗДІЛ 3. Теорія ідеального ротора вітродвигунів..

Тема 3.1 Теорія ідеального вітродвигуна за Н.Є.Жуковським. Ідеальний ротор. Коефіцієнт потужності ідеального ротора.

Тема 3.2 Теорія ідеального вітродвигуна за Г.Х.Сабініним. Поняття приєднаних мас.

Література [2], [3], [4].

РОЗДІЛ 4. Теорія реального ротора вітродвигунів.

Тема 4.1 Процеси, що проходять в реальному роторі. Рівняння зв'язку.

Сили, що діють на лопать у вітровому потоці. Рівняння зв'язку.

Тема 4.2 Момент і потужність ротора вітроустановки. Момент ротора. Кінцеві втрати. Профільні втрати. Втрати на крутіння струменя за ротором. Втрати від неповного використання площі обмаху.

Тема 4.3 Аеродинамічний розрахунок ротора. Вихідні вимоги розрахунку. Послідовність розрахунку

Тема 4.4 Розрахунок характеристики ротора вітроустановки. Побудова залежності моменту від модуля швидкохідності. Побудова аеродинамічних залежностей ротора.

Література [2], [3], [6], [8].

РОЗДІЛ 5. Встановлення вітроустановок на вітер.

Тема 5.1 Встановлення за допомогою хвоста та віндроз. Сили, що діють на поверхню хвоста. Аеродинамічні сили на роторі.

Тема 5.2 Встановлення розташуванням ротора за опорою.

Література [8].

РОЗДІЛ 6. Вибір ділянок під будівництво вітроенергетичних установок та станцій.

Тема 6.1 Оцінка виробітку енергії вітроустановою. Режимы вітрового потоку. Вітровий кадастр.

Тема 6.2 Методичні засади вибору площадки під будівництво вітроелектростанцій. Нормативна документація для вибору площадок.

Література [7], [10].

РОЗДІЛ 7. Агрегаткування вітродвигунів з робочими машинами.

Тема 7.1 Робота вітроустановки з насосним обладнанням. Робота вітроустановки з поршневими насосами. Робота вітроустановки з відцентровими насосами.

Література [6], [8].

РОЗДІЛ 8. Вітроелектричні установки.

Тема 8.1 Вітроелектричні установки постійного струму. Процес самозбудження.Робота генератора на зарядку акумуляторної батареї. Робота генератора в

буферному режимі з акумуляторною батареєю. Наближений розрахунок ємкості акумулятора.

Тема 8.2 Вітроелектричні установки змінного струму. Установки з синхронними генераторами. Установки з асинхронними генераторами. Вимоги електрообладнання вітроелектростанцій.

Література [4], [7], [8], [10].

ІІІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

РОЗДІЛ 1.

Тема 1.1. Витоки електрохімії та основні поняття. Стандартні електродні потенціали. Електрохімічний ряд напруг. Електрохімія як наука. Історія розвитку електрохімії та основні поняття. Предмет та зміст курсу. Стандартні електродні потенціали в електрохімії. Електрохімічний ряд напруг та його значення для електрохімічних процесів.

Тема 1.2. Електроліз. Принципова відмінність гальванічного елементу та електролізера. Електроліз в водному розчині. Рівняння Нернста. Визначення поняття електролізу та сфери його застосування. Принципова відмінність гальванічного елементу (хімічного джерела енергії) від електролізера. Електроліз в водному розчині. Використання рядів розряду катіонів та аніонів для визначення продуктів електролізу. Рівняння Нернста та його фізичний зміст.

Тема 1.3. Закони електролізу. Перший та другий закони Фарадея. Вихід за струмом. Взаємоперетворення хімічної та електрохімічної форм енергії. Відмінність хімічних та електрохімічних процесів. Межа поділу фаз. Перший закон Фарадея. Фізичний зміст електрохімічного еквіваленту. Другий закон Фарадея та його наслідок. Вихід за струмом.

Тема 1.4. Особливості застосування та основні вимоги, що ставляться до електродних матеріалів для процесів електролізу і для хімічних джерел енергії. Особливості застосування та основні вимоги, що ставляться до електродних матеріалів для процесів електролізу і для хімічних джерел енергії. Схеми підключення електродів. Явища корозії та пасивації електродного матеріалу та шляхи їх подолання в процесах електролізу та в хімічних джерелах енергії.

Тема 1.5. Проблеми енергетики та електрохімія. Хімічні джерела енергії. Класифікація та загальна характеристика. Класифікація гальванічних елементів. Класифікація акумуляторів. Паливні елементи. Електрорушійна сила ХДС. Внутрішній опір, ємність та потужність ХДС. Експлуатаційні характеристики.

Тема 1.6. Випробування хімічних джерел струму. Визначення ємності та саморозряду ХДС. Загальні відомості. Випробування на величину ємності. Визначення ємності при низьких температурах. Визначення залишкової ємності та саморозряд. Визначення напрацювання, терміну дії та зберігання. Визначення коефіцієнту віддачі.

Література [1], [2], [3], [5], [9].

РОЗДІЛ 2. Первинні хімічні джерела струму.

Тема 2.1. Первинні хімічні джерела струму. Загальна характеристика, класифікація та розвиток їх виробництва. Загальні відомості. Розвиток виробництва гальванічних елементів першого роду. Загальна характеристика та їх класифікація. Вимоги до конструкції типових апаратів.

Тема 2.2. Мангано-цинкові елементи (МЦ система). Будова та конструктивні особливості гальванічних елементів МЦ системи. Загальна характеристика. Теорія елементів МЦ системи. Негативний електрод сольових елементів. Негативний електрод

лужних систем. Позитивний електрод. Будова та конструктивні особливості гальванічних елементів МЦ системи. Електричні характеристики елементів МЦ системи.

Тема 2.3. Срібно-цинкові (СЦ) та ртутно-цинкові (РЦ) елементи. Загальна характеристика срібно-цинкових (СЦ) та ртутно-цинкових (РЦ) елементів. Катодні та анодні процеси срібно-цинкового елементу. Будова СЦ елементів. Теорія та електричні характеристики РЦ елементів. Будова РЦ елементів.

Тема 2.4. Повітряно-цинкові (ПЦ) та повітряно-мангано-цинкові (ПМЦ) елементи. Резервні (активовані) гальванічні елементи. Загальна характеристика ПЦ та ТМЦ елементів. Катодні та анодні процеси повітряно-цинкового та повітряно-мангано-цинкового елементів, можливі конструкції та області застосування цих системи. Резервні (активовані) гальванічні елементи. Ампельні елементи (АЕ). Водоактивовані елементи (ВЕ). Високотемпературні елементи (ВТЕ).

Тема 2.5. Літєві гальванічні елементи (ЛЕ). Будова літєвих елементів. Коротка історична довідка розвитку літєвих гальванічних елементів. Струмоутворюючі реакції. Електричні характеристики літєвих елементів. Будова літєвих елементів. Переваги літєвих гальванічних елементів у порівнянні з іншими гальванічними елементами.

Література [1], [2], [3], [5], [9].

РОЗДІЛ 3. Паливні елементи

Тема 3.1. Паливні елементи (ПЕ) або електрохімічні генератори енергії (ЕХГЕ). Загальна характеристика, класифікація та розвиток їх виробництва. Паливні елементи або електрохімічні генератори енергії. Загальна характеристика, класифікація та розвиток їх виробництва. Різновид сучасних паливних елементів. Переваги паливних елементів над хімічними джерелами струму. Перспективи застосування електрохімічних генераторів в сучасній енергетиці.

Тема 3.2. Принципова схема киснево-водневого паливного елементу. Особливості будови протон-обмінних (РЕМ) та твердо-окисних (SOFC) паливних елементів. Перспективи використання воднево-кисневого паливного елементу в сучасній енергетиці. Принципова схема твердополімерного киснево-водневого паливного елементу. Катодна та анодна реакції процесу. Коефіцієнт корисної дії. Особливості будови протон-обмінних (РЕМ) та твердо-окисних (SOFC) паливних елементів. Їх переваги та недоліки.

Література [2], [6], [8].

РОЗДІЛ 4. Вторинні хімічні джерела струму.

Тема 4.1. Хімічні джерела енергії другого роду. Загальна характеристика, класифікація та розвиток їх виробництва. Хімічні джерела енергії другого роду. Загальні відомості. Розвиток виробництва акумуляторних батарей. Загальна характеристика та їх класифікація. Саморозряд та зберігання хімічних джерел енергії другого роду. Вимоги до конструкції типових апаратів та до умов експлуатації.

Тема 4.2. Загальні відомості про свинцево-кислотні акумулятори. Електродні процеси при розряді та заряді. Пасивація електродів та боротьба з нею. Термін дії свинцево-кислотних акумуляторних батарей та особливості їх експлуатації. Загальні відомості про свинцево-кислотні акумулятори. Теорія свинцевого акумулятору. Процеси при розряді та заряді та хід зарядних та розрядних кривих свинцевих акумуляторів. Електричні характеристики. Пасивація електродів та боротьба з нею. Залежність ємності акумулятора при розряді від температури та густини струму. Конструкція та виробництво свинцевих акумуляторів. Термін дії свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Електроліт. Експлуатація свинцевих акумуляторів.

Тема 4.3. Загальні відомості лужних нікель-залізних та нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Електродні процеси при розряді та заряді. Термін дії лужних

аккумуляторних батарей та особливості їх експлуатації. Загальні відомості. Різновид лужних нікель-залізних та нікель-кадмієвих аккумуляторних батарей. Процеси при заряді та розряді окисно-нікелевого електроду. Процеси при заряді та розряді залізного електроду. Процеси при заряді та розряді кадмієвого електроду. Електрорушійна сила лужних аккумуляторних батарей. Хід розряду та заряду лужних аккумуляторів в залежності від температури та густини струму. Електроліт для лужних аккумуляторів. Основні характеристики лужних аккумуляторних батарей. Термін дії та догляд за лужними аккумуляторними батареями. Особливості їх експлуатації.

Тема 4.4. Загальні відомості нікель-цинкових, срібно-цинкових та срібно-кадмієвих аккумуляторних батарей. Електродні процеси при їх роботі. Загальні відомості. Різновид нікель-цинкових, срібно-цинкових та срібно-кадмієвих аккумуляторних батарей. Особливості електродних процесів при заряді та розряді НЦ аккумуляторів. Особливості електродних процесів при заряді та розряді СЦ аккумуляторів. Особливості електродних процесів при заряді та розряді СК аккумуляторів. Термін дії та догляд за аккумуляторами.

Тема 4.5. Загальні відомості літієвих, літій-іонних та літій-іон-полімерних аккумуляторних батарей. Особливості електродних процесів при розряді та заряді системи. Переваги та недоліки їх експлуатації. Загальні відомості. Різновид літієвих аккумуляторних батарей та їх принципові схеми. Електродні процеси при заряді та розряді літієвих аккумуляторів. Переваги та недоліки літієвого аккумулятора. Термін дії та особливості його експлуатації.

Тема 4.6. Загальні відомості метало-гідридних аккумуляторних батарей. Особливості електродних процесів при розряді та заряді системи. Переваги та недоліки метало-гідридних аккумуляторів. Загальні відомості. Різновид метало-гідридних аккумуляторних батарей та їх принципові схеми. Електродні процеси при заряді та розряді метало-гідридного аккумулятора. Переваги та недоліки метало-гідридного аккумулятора. Термін дії та особливості його експлуатації.

Література [5], [6], [9].

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	
60-64	E	Задовільно
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Ресурси і виробництво сонячної енергії. Типи сонячних електростанцій Програмні засоби для розрахунку просторово-часового розподілу сонячної радіації.
2. Робота вітроустановки з поршневыми насосами. Робота вітроустановки з відцентровими насосами.
3. Хімічні джерела енергії другого роду. Загальні відомості. Розвиток виробництва акумуляторних батарей. Загальна характеристика та їх класифікація. Саморозряд та зберігання хімічних джерел енергії другого роду. Вимоги до конструкції типових апаратів та до умов експлуатації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Список літератури по розділу „**Низькопотенційні джерела енергії**”

1. Твайдел Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ.-М.: Энергоатомиздат. 1990.-392 с.
2. http://www.viridiansolar.co.uk/Solar_Energy_Guide_Contents.htm
3. Дж.Даффи, У.А.Бекман. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир, 1977. – 420 с.
4. Солнечная энергетика. Учебное пособие для ВУЗов. Под ред. В.И. Виссарионова. М.: МЭИ, 2008. — 276 с.
5. S. A. Kalogirou. Solar Energy Engineering: Processes and Systems.- London: Academic Press, 2009. – 760 p.
6. К.В.Шалимова. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985. - 392 с.
7. В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л.: Наука, 1989, - 310с.
8. В. А. Гуртов. Твердотельная электроника. М.: МИФИ, 2005. - 506 с.
9. Розанов Ю.К. Основы силовой электроники. М.: Энергоатомиздат, 1992.- 296 с.
10. J. W. Bishop. Computer simulation of the effects of electrical mismatches in photovoltaic cell interconnection circuits. Solar Cells, v. 25 (1988), p. 73 - 89.
11. Г. Раушенбах. Справочник по проектированию солнечных батарей. М.: Энергоатомиздат, 1983.- 360 с.
12. Расчет системы автономного энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей. Метод. пособие для дипломного проектирования. Под ред. Бекирова Э.А. Симферополь, 2010, - 83 с.
13. P. Gevorkian. Solar Power in Building Design, McGraw-Hill Companies, N.Y., 2008. – 476 p.

Список літератури по розділу „**Вітроенергетика**”

1. ДСТУ 3896-99 Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення. –К.: Держстандарт України, 1999.-21 с.
2. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра.-М.: Энергоатомиздат, 1983.-200 с.
3. Сазонов В.А., Белопольский В.А., Смирнов С.Б. Некоторые вопросы конструирования и экстремальных режимов работы ветроэлектростанций с горизонтальной осью вращения: Учебное пособие.-Севастополь: СНИИЭиП, 2004.-208 с.
4. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. –М.:Госиздат с.х. лит., 1957. – 538 с.
5. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Кн.1, 2. Ветроэлектростанции.- Харьков: Нац. Аэрокосм.ун-т «ХАИ», Севастополь: Сев.нац.техн.ун-т, 2003. –400 с.
6. Шефтер Я.И., Рождественский И.В. Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты. – М.: 1967. – 376 с.
7. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. –М.: Колос, 2003.-532 с.
8. Ветроэнергетика. п/р Д.де Рензо. – М.: Энергоатомиздат, 1982.– 272 с.
9. Кашафутдинов С.Т., Лушин В.Н. Атлас аэродинамических Крыловых профилей. – Новосибирск., 1994. – 76 с.
10. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П., Секторов В.Р. Ветроэлектрические станции. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960. –320 с.

Список літератури по розділу „Перетворення та акумулювання відновлюваних джерел енергії”

1. Байрачний Б. І. Технічна електрохімія: підручник для вищ. навч. закл. за напр. підготовки: «Технічна електрохімія» Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».- Харків.: Прапор, 2003.
2. Горбачов А. К. Технічна електрохімія: підручник для вищ. навч. закл. за напр. підготовки: «Технічна електрохімія». Під ред. Б. І. Байрачного. – Харків. : Прапор, 2002.
3. В. В. Романов, Ю. М. Хашев /Химические источники тока/. – М.: Советское радио, 1978.
4. Кошель М. Д. Теоретичні основи електрохімічної енергетики. – Дніпропетровськ.: УДХТУ, 2002.
5. Варламов В. Р. Современные источники тока: Справ очник. – М.: ДМК, 2001.
6. Кромптон Т. Р. Вторичные источники тока (пер. с англ. А. Г. Колесника, Р. П. Соболева): под. ред. Ю. А. Мазитова. – М.: 1985.
7. Федотьев Н. П. и др. Прикладная электрохимия. Ленинград.: «Химия», 1967.
8. Прикладная электрохимия: Учебник для вузов/Под. ред. А. П. Томилова. – 3-е изд. – М.: Химия, 1984.
9. Практикум по прикладной электрохимии: Учебн. пособие для вузов / Под. ред. В. Н. Варыпаева, В. Н. Кудрявцева. – 3-е изд. – Л.: Химия, 1990.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070201 “Електричні машини і апарати” та 8.05070201 “Електричні машини і апарати”

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070201 “Електричні машини і апарати” та 8.05070201 “Електричні машини і апарати” направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

I. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

1. Основні питання конструкції та принцип дії сучасних силових трансформаторів. Схеми та групи з'єднання обмоток трансформаторів.
2. Основні рівняння та схеми заміщення трансформатора. Врахування втрат в сталі. Досліди холостого ходу та короткого замикання.
3. Векторна та енергетична діаграми трансформатора. Зовнішня характеристика та ККД. Паралельна робота трансформаторів.
4. ЕРС обмоток машин змінного струму. ЕРС від вищих гармонік магнітного поля. Поліпшення форми кривої ЕРС.
5. Принципи побудови та основні типи обмоток машин змінного струму.
6. Види магнітних полів в електричних машинах. Головні індуктивні опори обмоток. Індуктивні опори розсіювання обмоток.
7. Конструкція та принцип дії асинхронних машин. Рівняння МРС та рівняння напруг асинхронних машин. Схеми заміщення асинхронних машин. Енергетична діаграма, енергетичні співвідношення та векторні діаграми асинхронних машин.
8. Способи пуску та регулювання частоти обертання асинхронних двигунів з короткозамкненим та фазним ротором.
9. Конструкція та принцип дії синхронних машин. Реакція якоря синхронних машин. Індуктивні опори реакції якоря.
10. Рівняння напруг та векторні діаграми напруг синхронних машин. Характеристики синхронних генераторів при автономній роботі.

11. Паралельна робота синхронних машин. Кутові характеристики активної потужності синхронних машин. Статична стійкість. Регулювання реактивної потужності синхронних машин. Кутові характеристики реактивної потужності.
12. Синхронні двигуни. Способи пуску синхронних двигунів.
13. Конструкція машин постійного струму. Загальні відомості про якірні обмотки машин постійного струму. Умови симетрії обмоток. Типи обмоток машин постійного струму.
14. ЕРС якоря та електромагнітний момент машин постійного струму. Реакція якоря машин постійного струму.
15. Двигуни постійного струму. Рівняння обертових моментів та напруги. Пуск двигунів постійного струму. Робочі та механічні характеристики двигунів постійного струму. Способи регулювання частоти обертання.

II. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

1. Основні етапи проектування.
2. Стандартизація. Визначення. Характеристика форм стандартизації.
3. Розрахункова (електромагнітна) потужність та її визначення по вихідним даним.
4. Загальний вираз для розрахункової потужності, який містить основні розміри, електромагнітні навантаження та частоту обертання.
5. Визначення електромагнітних навантажень та їх основні значення для трансформаторів та обертових електричних машин.
6. Геометрично подібний ряд.
7. Засоби визначення основних розмірів електромашинних перетворювачів енергії.
8. Послідовність розрахунку обмоток трансформатора.
9. Електромагнітні зусилля в обмотках трансформатора.
10. Послідовність теплового розрахунку трансформатора.
11. Послідовність розрахунку обмоток обертових машин.
12. Послідовність розрахунку магнітного кола машини.
13. Параметри обмоток електричних машин змінного струму.
14. Послідовність розрахунку робочих та пускових характеристик.
15. Послідовність розрахунку сталого теплового нагрівання.
16. Послідовність вентиляційного розрахунку.

17. Основні вузли електричних обертових машин, які необхідно перевірити на механічну міцність.

ІІІ. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ.

1. Принципи моделювання. Чотири типи моделюючих співвідношень в задачах моделювання.
2. Модель узагальненої електричної машини. Область коректного застосування моделі узагальненої електричної машини в структурі генетичної класифікації.
3. Фізичне моделювання електричних машин. Основні задачі і вимоги до фізичних моделей.
4. Генетичне моделювання як основа структурного передбачення і інноваційного синтезу нових різновидів електричних машин.
5. Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля як системна генетична модель структурної організації і розвитку електромеханічних об'єктів. Структура і інваріантні властивості системної моделі.
6. Моделювання процесів макроеволюції електричних машин з використанням системної моделі. Прогностична функція системної моделі та напрями її практичного використання.
7. Універсальний генетичний код електромеханічної структури. Ідентифікація генетичного коду за заданим електромеханічним об'єктом.
8. Визначення просторової геометрії і топології обмотки, виду просторового руху і типу кінцевих електромагнітних ефектів за генетичним кодом.
9. Моделі мікроеволюції електромеханічних систем (вихідні дані, побудова, задачі моделювання).
10. Моделі макроеволюції електромеханічних систем (вихідні дані, побудова, задачі моделювання, прогностична функція).
11. Закон гомологічних рядів. Моделі ідеальних і реальних гомологічних рядів електромеханічних об'єктів. Прогностична функція моделей.
12. Методи інноваційного синтезу електромеханічних структур з використанням закону гомологічних рядів.
13. Поняття і визначення Виду електромеханічних об'єктів. Дивергентні і конвергентні моделі видоутворення (синтез, структура, задачі моделювання).
14. Визначення генетичної програми довільного функціонального класу електромеханічних систем за наявністю одного структурного представника цього класу.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
 - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
 - «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.
- Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:*
- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
 - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
 - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
 - «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Види магнітних полів в електричних машинах. Головні індуктивні опори обмоток. Індуктивні опори розсіювання обмоток.
2. Електромагнітні зусилля в обмотках трансформатора .
3. Принципи моделювання. Чотири типи моделюючих співвідношень в задачах моделювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вольдек А.И. Электрические машины. - М.-Л.: Энергия, 1978. – 832с.
2. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С., Электрические машины. В двух частях. М.: Высшая школа. 1987. – 428с., 336с.
3. Красніков В.М., Сулейманов В.М., Давидов О.М. Електричні машини. Електромеханічні перетворювачі енергії. – Київ, Норіта-плюс, 2007.
4. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. - М., Энергоатомиздат 1986.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини» К.: КПІ, 2001. – 53с.
6. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Электрические машины. Асинхронные машины». К.: КПИ, 1990. – 55с.

7. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Электрические машины. Синхронные машины. Машины постоянного тока». К.: КПИ, 1993. – 82с.
8. Методические указания к организации самостоятельной работы по дисциплине «Электрические машины.» К.: КПИ, 1989. – 36с.
9. Красников В.М., Новиков А. В., Електромеханіка. - К., Вища школа, 1994.
10. Сергеенков Б.Н., Киселев В.М., Акимова Н.А., Электрические машины. Трансформаторы. М.: Высшая школа. 1989. – 352с.
11. Осип И.Л., Шакарян Ю.Г., Электрические машины. Синхронные машины. М.: Высшая школа. 1990. – 304с.
12. Хвостов В.С., Электрические машины. Машины постоянного тока. М.: Высшая школа. 1988. – 336с.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070204 “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” та 8.05070204 “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста і магістра для студентів спеціальності 7.05070204 “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” та 8.05070204 “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” направлене на виявлення знань та навичок студента з спеціальності для його подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалість 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

I. ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Загальні відомості про розвиток теорії автоматичного керування (ТАК) та її значення. Головні поняття та терміни. Види пристроїв автоматизації. Л.1,с. 3-10.

Розділ 1. Системи автоматичного керування (САК), їх елементи та характеристики

Класифікація САК за інформативним принципом. Особливості звичайних САК. Л.1., с.11-17; Л.2./ 1,с. 5-31.

Функціональні та структурні схеми САК та їх елементи. Головні характеристики елементів. Л.1.,с. 31-34; Л.2./1,с. 13-16.

Кібернетичні САК: самонастроювальні та ігрові. Екстремальні САК. Методи пошуку екстремуму. Л.1.,с. 17-22; Л.2./1,с. 16-22.

Зворотні зв'язки, їх види, особливості, характеристики. Л.1.,с. 34-38; Л.2/1,с. 31-33.

САК прямої та непрямої дії, статичні та астатичні, одно- та багатоконтурні. Л.1., с.22-25, Л.2/1, с. 30-32.

Імпульсні та релейні; їх характеристики та особливості. Системи із змінною структурою. Л.1.,с.25-30, Л.2/1, с. 22-31.

Розділ 2. Статика та динаміка ланок та систем автоматичного керування

Статика САК. Статичні характеристики ланок при різних способах з'єднання. Л.1.,с.39-45, Л.2/1,с. 13-18.

Вплив зворотних зв'язків. Статична похибка при комбінованому керуванні. Л.1., с.46-48, Л.2/1, с.179-180.

Приклади складання рівнянь статички електромеханічних елементів. Л.1.с.48-49, Л.2/1, с. 33-40.

Форми запису рівнянь динаміки ланок. Коефіцієнт самовирівнювання та його вплив. Лінеаризація нелінійних залежностей. Л.1.,с.49-56, Л.2/1, с. 35-40.

Елементарні динамічні ланки САК та їх частотні характеристики. Л.1.,с.57-59, Л.2/1, с.60-64. Приклади складання рівнянь. Л.1.,с.64-71, Л.2/1, с. 52-62.

Мінімально та немінімально фазові ланки. Л. 1., с.72-80, 83-84, Л.2/1, с. 40-45.

Рівняння САК розімкненої та замкненої системи стабілізації. Передаточні функції та частотні характеристики систем. Л.1., с.95-106, Л.2/1, с. 42-49.

Рівняння та передаточні функції слідкуючих та програмних САК. Багатовимірні системи та метод змінних стану. Л.1., с.107-116, 126-139, Л.2/1, с. 94-100.

Перетворення складних структурних схем САК за допомогою передаточних функцій. Перетворення структурних схем з перехресними зворотними зв'язками. Правила переносу вузлів та суматорів. Поняття про графи. Л.1., сі 16-120, Л.2/1, с. 64-84.

Стійкість лінійних САК. Теорема Ляпунова та аналіз стійкості за виглядом коренів характеристичного рівняння замкненої системи. Критичні значення параметрів та межа стійкості. Л.1., с.140-146, Л.2/1, с 114-121.

Алгебраїчні критерії стійкості та їх використання. Критерії Рауса-Гурвиця, Лъєнара-Шіпара, Вишнеградського. Л.1., с.146-155, Л.2/1, с. 128-136.

Частотні критерії Михайлова. Перше та друге формулювання. Метод Д-розбиття. Л.1., с.155-170, Л.2/1, с. 137-147, 155-166.

Аналіз стійкості замкнених систем за характеристиками розімкнених систем. Критерій Михайлова - Найквіста. Л.1.с 171-179, Л.2/1, с. 137-152.

Аналіз стійкості замкнених систем на основі амплітудно- та фазочастотних характеристик розімкнених систем. Запас стійкості за модулем та фазою. Л.1.,с.181-186, Л.2/1, с.

Логарифмічні частотні характеристики ланок та систем та їх використання при дослідженнях динаміки. Л.1.,с.81-92, Л.2/1, с. 153-155.

Аналіз впливу параметрів системи за допомогою різних критеріїв. Знаходження критичних значень та запасу стійкості. Л.1., с.46-186, Л.2/1, с. 122-155.

Структурно-нестійкі системи та коректуючі ланки. Паралельні та послідовні коректуючі ланки. Л.1., с.186-182, Л.2/1, с. 236-240.

Якість САК та її аналіз за коренями характеристичного рівняння замкненої системи. Л.1., с. 193-203, Л.2/1, с 179-182,189-203.

Розширена діаграма Вишнеградського та аналіз якості за найменшим коренем. Л.1., с.202-207, Л.2/1, с. 194-200.

Інтегральні критерії якості САК. Л.1., с.210-214, Л.2/1, с. 204-210.

Типові збурення при аналізі якості САК. Загальна методика використання методу Солодовнікова для аналізу якості. Л.1., с.215-219, Л.2/1, с. 179-180, 185.

Типові трапеції та трикутники, методика їх використання. Використання таблиць h-функцій для побудови перехідної характеристики системи. Чутливість САК. Л.1., с.219-227, Л.2/1, с. 187, 214-220.

Точність лінійних САК. Причини виникнення похибок. Визначення статичних та динамічних похибок. Метод коефіцієнтів похибок. Л.1., с.228-233, Л.2/1, с 180-182.

Замикання системи та введення астатизму. Л.1., с.234-242, Л.2/1, с. 250-260.

Структурна стійкість та точність систем автоматичного керування. Ізодромні інтегруючі ланки. Керування за похідними. Л.1., с.242-248, Л.2/1, с. 250-260.

Закони керування та типові регулятори. Комбіновані закони керування. Якість керування в системах із змінною структурою. Л.1., с.251-259, Л.2/1, с. 264-268.

Основи теорії та головні форми інваріантності. Л.1.,с.248-251.

Керованість, спостерігаємість та модальне керування. Л.1.,с.287-292.

Розділ 3. Синтез корегуючих пристроїв та нелінійні САК

Синтез послідовних корегуючих пристроїв за допомогою ЛАХ. Побудова ЛАХ вихідної системи. Формування бажаної ЛАХ, виходячи з вимог до якості перехідного

процесу. Приклад - синтез регулятора до об'єкту, керування, що містить подвійний інтегратор та аперіодичну ланку. Л.1.,с.265-274.

Визначення нелінійної САК. Диференційні рівняння нелінійних САК та їх структурні схеми. Статичні і динамічні нелінійності. Характеристики головних нелінійних ланок. Л.1.,с.311-322.

Метод фазового простору. Поняття зображуючої точки, фазової траєкторії та фазового простору. Фазова швидкість. Л.1.,с.322-327.

Фазові траєкторії на площині. Основні види фазових траєкторій для лінійної системи на фазовій площині. Класифікація фазових траєкторій за типом особових точок. Л.1.,с.322-327.

Фазові портрети нелінійних САК. Фазова траєкторія нелінійних систем на фазовій площині: стійка, гранична, циклічна; нестійка, гранична, циклічна. Л.1.,с.326-327.

Дослідження динаміки нелінійних САК на фазовій площині. Дослідження динаміки перехідних процесів в релейних системах методом фазової площини (для двопозиційної та трипозиційної релейної характеристики нелінійної ланки). Лінії переключення. Л.1.,с.327-333.

Дослідження стійкості нелінійних систем точними методами. Прямий метод Ляпунова. Другий метод Ляпунова. Функція Ляпунова та її основні властивості. Повна похідна за часом функції Ляпунова. Рівняння в частинних похідних. Л.1.,с.333-336.

Дослідження стійкості методом функцій Ляпунова. Теорема Ляпунова про стійкість нелінійних систем. Приклад. Поняття про метод Ляпунова - Лур'є. Л.1.,с.333-336.

Дослідження абсолютної стійкості нелінійних САК. Частотний критерій абсолютної стійкості нелінійних САК - метод В.М.Попова. Загальні поняття та формулювання критерію В.М.Попова, приклади. Л.1., с.336-342.

Наближені методи дослідження нелінійних САК. Метод гармонійної лінеаризації. Основна ідея методу гармонійної лінеаризації. Гіпотеза фільтру. Одержання формули гармонійної лінеаризації нелінійної ланки. Л.1.,с.344-349.

Обчислення коефіцієнтів гармонійної лінеаризації. Визначення коефіцієнтів гармонійної лінеаризації основних нелінійних ланок - однозначних та гістерезисних. їх фізичний зміст. Л.1.,с.349-350.

Алгебраїчний метод визначення автоколивань на основі критерію Михайлова - метод Є.П.Попова. Критерій стійкості автоколивань. Приклади розрахунку параметрів автоколивань. Л.1.,с.358-361.

Частотний метод визначення періодичних режимів на основі критерію Найквіста - метод Гольдфарба Л.С. Критерій стійкості автоколивань. Приклади. Л.1., с.353-358.

Розділ 4. Дискретні САК

Дискретні САК та їх основні особливості. Визначення дискретної САК. Структурна схема цифрової САК та перетворення інформації в ній. Типи квантування. Л.1.,с.406-407.

Імпульсні системи та їх класифікація. Типи модуляції: АІМ, ШІМ, ВІМ. Л.1.,с.407-410.

Математичний апарат дослідження імпульсних САК. Різнісні рівняння. Визначення гратчастої функції. Різнісні рівняння та методи їх вирішення. Запис різнісних рівнянь в операторній формі. Л.1.,с.410-414.

Стійкість рішень різнісних рівнянь. Кореневий критерій стійкості. Дискретні перетворення Лапласа та 2-перетворення. Л.1.,с.417-422, 433-435.

Передаючі функції імпульсних САК. Дискретна передаюча функція. Одержання передаючої функції імпульсної САК. Структурна схема імпульсної САК. Визначення передаючої функції фіксатора нульового порядку. Л.1.,с.410-412, 422-427.

Розрахунок імпульсних передаючих функцій. Приклади. Одержання імпульсної передаючої функції для розімкненого кола - квантувач, фіксатор нульового порядку та

аперіодична ланка. Наближений засіб одержання дискретної передаточної функції $Z = e^{pT_0}$. Л.1.,с.424-425.

Частотні характеристики імпульсних ланок. їх принципова відмінність від частотних характеристик неперервних ланок. Приклад. Л.1.,с.427-433.

Розрахунок періоду квантування. Теорема Котельникова - Шеннона та визначення періоду квантування в імпульсних САК. Приклад. Стійкість імпульсних САК. Л.1.,с.429.

Критерії стійкості імпульсних САК. Аналог критерію Гурвіца. Білінійне перетворення. Аналог критеріїв Михайлова та Найквіста. Приклади. Л.1., с.434-441.

Логарифмічні псевдочастотні характеристики. Поняття про псевдочастотне перетворення. Побудова псевдочастотних характеристик елементарних ланок. Л.1.,с.432, 440-442.

Синтез дискретних послідовних корегуючих пристроїв методом псевдочастотних ЛАХ для подвійної інтегруючої ланки. Л.1.,с.447-453.

Синтез цифрових регуляторів методом декомпозиції. Синтез цифрових регуляторів за допомогою псевдочастотних ЛАХ для складних динамічних об'єктів на основі методу декомпозиції. Л.1.,с.453-460.

II. ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Розвиток та види електропривода. Основні функції та координати керування електропривода. Визначення та склад електропривода згідно до стандарту. Місце електропривода в структурі електромеханічної системи. Надбання теорії електропривода та її зв'язок із дисциплінами фундаментального та професійно-орієнтованого циклів підготовки. Л.1, с. 5-18; 2, с. 5-21.

Розділ 1. Механіка електропривода

Послідовність розробки розрахункової схеми механічної частини електромеханічної системи. Кінематична схема та параметри механічної частини електромеханічної системи. Умови приведення параметрів реальної схеми до розрахункової. Правила приведення параметрів до однієї швидкості. Правила спрощення початкових розрахункових схем. Типові розрахункові схеми механічної частини. Л.1, с. 41-50; 2, с. 23-30.

Типові статичні навантаження електропривода. Склад моментів, які діють на механічну частину. Статичні моменти та моменти корисного навантаження. Механічна характеристика механізму. Види статичних моментів. Урахування втрат в елементах кінематичного ланцюга. Л.1, с. 58-59,51; 2, с. 30-36.

Послідовність складання рівнянь руху механічної частини електропривода. Загальна форма запису диференціальних рівнянь у вигляді рівняння Лагранжа 2-го роду. Рівняння руху та структурна схема одномасової розрахункової схеми. Рівняння руху та структурна схема двомасової розрахункової схеми без врахування внутрішнього в'язкого тертя. Рівняння руху та структурна схема двомасової розрахункової схеми з урахуванням внутрішнього в'язкого тертя. Рівняння руху та структурна схема двомасової розрахункової схеми із зазором без врахування внутрішнього в'язкого тертя. Рівняння руху та структурна схема двомасової розрахункової схеми із зазором з урахуванням внутрішнього в'язкого тертя. Рівняння руху механізмів із нелінійним кінематичним зв'язком. Л.1, с. 51-54; 2, с. 39-45.

Динамічні властивості пружної механічної частини електропривода. Передаточна функція двомасової розрахункової схеми за керуючою змінною. Характеристичне рівняння системи та його корені. Аналіз властивостей пружної механічної частини на основі виду коренів рівняння та відповідно параметрів механічної частини. Л.1, с. 54-58; 2, с..

Статичні та динамічні режими роботи електропривода. Статичні механічні характеристики та їх параметри. Умова стійкості усталеного руху. Механічні перехідні

процеси з постійним динамічним моментом, типові приклади. Механічні перехідні процеси з динамічним моментом, який лінійно залежить від швидкості. Структурна схема механічної частини електропривода. Розв'язок диференційних рівнянь за швидкістю та моментом. Аналіз графіків перехідних процесів швидкості та моменту. Л.1, с. 58-63; 2, с. 46-54.

Динамічні навантаження електропривода. Оптимізація передаточного числа кінематичного ланцюга. Динамічні навантаження при одномасовій розрахунковій схемі та двомасовій схемі із зазором. Коефіцієнт динамічного навантаження. Критерії оптимізації передаточного числа кінематичного ланцюга. Визначення передаточного числа на основі диференційного рівняння руху системи. Л.1, с. 64-67; 2, с. 68-74.

Розділ 2. Електромеханічне перетворення енергії та електромеханічні властивості двигунів

Електромеханічні властивості двигунів постійного струму. Види двигунів постійного струму. Структурна схема електромеханічного перетворювача. Режими роботи перетворювача енергії. Переваги та недоліки двигунів постійного струму. Види двигунів у залежності від виконання системи збудження. Л.1, с. 69-72,95; 2, с. 101-112.

Електромеханічні властивості двигунів постійного струму з незалежним збудженням. Паспортні дані. Схема увімкнення. Рівняння електромеханічної та механічної характеристики. Природна та штучні механічні характеристики. Керування швидкістю за рахунок зміни напруги якоря, магнітного потоку та зміни електричного опору кола якоря. Переваги та недоліки. Л.1, с. 95-103; 2, с. 112-121.

Зміна напрямку руху, пуск та режими гальмування двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Способи зміни напрямку руху, їх переваги та недоліки. Види гальмування двигуна, їх переваги та недоліки. Механічні характеристики двигуна в гальмівних режимах. Керування величиною моменту гальмування. Способи пуску. За датчик інтенсивності. Розрахунок електричних опорів пускового реостата. Л.1, с. 103-104; 2, с. 121-127.

Динамічні властивості електромеханічного перетворювача двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Передаточна функція електромеханічного перетворювача. Структурні схеми двигуна постійного струму з незалежним збудженням при живленні кола якоря від джерела напруги та струму. Рівняння динамічної механічної та електродинамічної характеристики. Динамічна жорсткість характеристик. Усталений динамічний процес під дією статичного моменту з періодичною складовою. Л.1, с. 98, 104-105; 2, с. 99-101, 128-131.

Електромеханічні властивості двигуна постійного струму з послідовним збудженням. Схема увімкнення двигуна. Рівняння електромеханічної та механічної характеристики. Штучні механічні характеристики та способи керування швидкістю. Зміна напрямку руху двигуна. Режими гальмування двигуна. Л.1, с. 106-114; 2, с. 135-144.

Електромеханічні властивості двигуна постійного струму зі змішаним збудженням. Схема увімкнення двигуна. Природна та штучні механічні характеристики. Способи керування швидкістю. Зміна напрямку руху двигуна. Режими гальмування двигуна. Л.1, с. 115-118; 2, с. 148-150.

Електромеханічні властивості двигунів змінного струму. Електромеханічні властивості асинхронного двигуна. Переваги та недоліки двигуна. Види двигунів. Паспортні дані. Схеми увімкнення обмотки статора. Схема заміщення фази двигуна. Основні математичні залежності. Ковзання двигуна. Природна механічна та електромеханічна характеристика, її характерні точки. Л.1, с. 118-131; 2, с. 154-159.

Штучні механічні характеристики асинхронного двигуна та способи керування швидкістю. Механічні характеристики асинхронного двигуна та способи керування швидкістю за рахунок зміни амплітуди, частоти напруги живлення, електричного опору кола ротора, зміни числа пар полюсів та використання енергії ковзання в каскадних схемах, зміни

електричного опору кола статора та подвійного живлення двигуна. Л.1, с. 131-134; 2, с. 159-164, 434-444.

Зміна напрямку руху, пуск та режими гальмування асинхронного двигуна. Спосіб зміни напрямку руху двигуна та відповідні механічні характеристики. Пуск двигуна з короткозамкнутим ротором та фазним ротором. Види гальмування асинхронного двигуна, переваги та недоліки. Механічні характеристики та способи керування величиною гальмівного моменту. Л.1, с. 134-136, 151-153; 2, с. 158-159, 182-185.

Динамічні властивості асинхронного двигуна. Спрощена передаточна функція електромеханічного перетворювача асинхронного двигуна. Передаточна функція двигуна та механічні характеристики при живленні від джерела напруги та струму. Л.1, с. 136-150; 2, с. 167-180.

Електромеханічні властивості синхронного двигуна. Переваги та недоліки двигуна. Схеми увімкнення двигуна. Кутова та механічна характеристика. Керування швидкості. Динамічні властивості двигуна та його структурна схема. Л.1, с. 153-158; 2, с. 186-198.

Електромеханічні властивості інших типів двигунів. Дугостаторні та лінійні асинхронні двигуни: конструкція, механічна характеристика, переваги та недоліки. Вентильний двигун: конструкція, рівняння механічної характеристики, керування швидкістю та штучні механічні характеристики, переваги та недоліки. Кроковий двигун: конструкція, принцип роботи, механічні характеристики. Л.1, с. 159-161; 2, с. 198-199.

Взаємозв'язані електроприводи. Електропривод із механічним з'єднанням валів: механічні характеристики, моменти електропривода в цілому та окремих двигунів, способи вирівнювання навантаження двигунів. Електропривод з електричним валом: типові схеми, принцип роботи. Л.1, с. 411-428; 2, с. 279-282

Розділ 3. Динаміка розімкнутих електромеханічних систем

Узагальнена електромеханічна система з лінійною механічною характеристикою.

Диференційні рівняння та структурна схема узагальненої електромеханічної системи. Властивості розімкнутої електромеханічної системи в залежності від виду коренів характеристичного рівняння. Л.1, с. 162-173; 2, с. 206-217.

Типові перехідні процеси електромеханічної системи при незмінній швидкості ідеального холостого ходу. Система диференціальних рівнянь, яка описує рух системи. Рівняння руху системи за швидкістю, прискоренням та моментом у залежності від виду коренів характеристичного рівняння. Перехідні процеси при накиданні навантаження, реверсі при активному статичному моменті, реверсі при реактивному статичному моменті, динамічному гальмуванні при активному статичному моменті, динамічному гальмуванні при реактивному статичному моменті, збільшенні стрибком електричного опору кола якоря чи ротора, збільшенні стрибком швидкості ідеального холостого ходу, реостатному пуску двигуна. Л.1, с. 185-197; 2, с. 238-248.

Поняття про оптимальні перехідні процеси електромеханічної системи. Оптимальні перехідні процеси за швидкодією з обмеженням моменту двигуна. Оптимальні перехідні процеси за швидкодією з обмеженням прискорення. Оптимальні перехідні процеси за швидкодією з обмеженням моменту та ривка. Л.1, с. 182-185; 2, с. 231-235.

Електромеханічні перехідні процеси під час плавної зміни керуючої дії. Рівняння руху системи. Статична та динамічна похибка. Типові перехідні процеси пуску при реактивному статичному моменті, реверсу при активному статичному моменті, реверсу при реактивному статичному моменті. Л.1, с. 197-203; 2, с. 252-259.

Поняття про демпфірування електроприводом пружних механічних коливань. Структурна схема електромеханічної системи з пружним механічним зв'язком. Аналіз характеристичного рівняння системи. Вплив жорсткості механічної характеристики системи на затухання коливань. Л.1, с. 175-178; 2, с. 220-226.

Розділ 4. Керування координатами електропривода

Основні показники керування координатами та типові структури електропривода. Параметричне та автоматичне керування координатами. Основні показники якості керування. Типові структури керування координатами регульованих електроприводів. Стандартне настроювання контурів керування. Л.1, с. 212-218, 232-255; 2, с. 283-290.

Керування моменту в електроприводах постійного струму. Реостатне керування. Система джерело струму-двигун. Система керований перетворювач-двигун, настройка регулятора струму. Керування моменту двигуна з послідовним збудженням. Л.1, с. 263-290; 2, с. 326-350.

Керування моменту в електроприводах змінного струму. Керування моменту асинхронного електропривода зміною потужності ковзання та при частотному й векторному керуванні. Керування моменту синхронного електропривода. Л.1, с. 290-330; 2, с. 357-361.

Керування швидкості. Параметричне керування швидкості. Параметричне керування швидкості двигунів постійного струму з незалежним та послідовним збудженням. Л.1, с. 332-348; 2, с. 364-377.

Автоматичне керування швидкості електроприводів постійного струму. Автоматичне керування швидкості в системі перетворювач-двигун. Настройка контуру швидкості на модульний та симетричний модуль. Двобічне автоматичне керування швидкості. Л.1, с. 348-373; 2, с. 377-417.

Автоматичне керування швидкості електроприводів змінного струму. Автоматичне керування швидкості асинхронного електропривода в системах частотного та векторного керування, подвійного живлення. Автоматичне керування швидкості синхронного електропривода. Л.1, с. 373-395; 2, с. 417-443.

Керування положення. Точне позиціонування робочого органу. Автоматичне регулювання положення за відхиленням. Настройка регулятора положення. Л.1, с. 396-404; 2, с. 454-467.

Слідкуюча система керування положенням. Відмінність слідкуючої системи від системи позиціонування. Показники оцінки якості керування. Особливості настроювання регуляторів системи. Л.1, с. 404-410; 2, с. 468-473.

Розділ 5. Енергетика й основи вибору двигунів за потужністю

Енергетика електропривода. Баланс потужностей. Енергетичні характеристики.

Баланс потужностей в електромеханічній системі з електродвигуном. Характеристика режимів роботи електропривода з енергетичної точки зору. Економічність роботи електропривода. Економічність перетворення та споживання енергії. Л.1, с. 438-442; 2, с. 473-483.

Втрати енергії в усталених та перехідних процесах електропривода. Постійні та змінні втрати. Потужності втрат в електроприводах змінного та постійного струму. Аналіз втрат енергії в різних режимах роботи електропривода. Л.1, с. 445-450; 2, с. 483-487.

Енергозбереження. Основні способи енергозбереження в електромеханічній системі. Керування координатами електропривода при мінімальних втратах енергії. Л.1, с. 443-444; 2, с. 487-502.

Нагрівання та охолодження двигунів. Рівняння теплового балансу. Структурні схеми теплових моделей двигунів. Перегрівання двигуна. Сталі часу нагрівання та охолодження. Вплив температури на термін служби електричної ізоляції. Л.1, с. 453-456; 2, с. 504-520.

Номінальні режими роботи електродвигунів. Номінальні режими роботи електродвигунів S1-S8. Тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний режими. Л.1, с. 456-458; 2, с. 525-528.

Вибір електродвигунів за потужністю. Діаграми навантаження двигунів. Діаграми навантаження механізмів циклічної та безперервної дії. Побудова діаграм навантаження та тахограм. Врахування впливу моменту інерції механізму на діаграми навантаження. Л.1, с. 458-464; 2, с. 528-532.

Методи еквівалентування теплових режимів. Еквівалентне навантаження. Методи еквівалентного струму, моменту та потужності. Л.1, с. 464-473; 2, с. 520-525.

Розрахунок потужності та вибір двигунів номінального тривалого режиму роботи.

Розрахунок потужності двигуна для різного виду діаграм навантаження. Перевірка правильності вибору двигуна. Л.1, с. 473-477; 2, с. 532-542.

Розрахунок потужності та вибір двигунів номінального короткочасного режиму роботи. Розрахунок потужності двигуна. Перевірка правильності вибору двигуна. Коефіцієнт термічного перевантаження. Л.1, с. 477-479; 2, с. 542-543.

Розрахунок потужності та вибір двигунів номінального повторно-короткочасного режиму роботи. Розрахунок потужності двигуна. Перевірка правильності вибору двигуна. Визначення допустимої частоти вмикання асинхронних двигунів із короткозамкнутим ротором. Л.1, с. 479-483; 2, с. 543-549.

III. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, УСТАНОВОК І КОМПЛЕКСІВ

Розділ 1. Математичні основи синтезу дискретних систем автоматизації

Двозначна алгебра логіки – математичний апарат аналізу та синтезу релейних схем. Логічна змінна і логічна функція. Конституенти одиниці та нуля. Основні логічні функції. Основні закони алгебри логіки, побудовані на застосуванні операцій кон'юнкції, диз'юнкції та інверсії. Література: [1, с. 3-13], [2, с. 39-44], [4, с. 25-30], [5, с. 6-10], [7, с. 98-106], [8, с. 5-16].

Нормальні та довершені нормальні форми логічних функцій. Функції однієї та двох змінних. Функціонально повні системи логічних функцій. Принцип подвійності логічних функцій. Література: [1, с. 13-21], [2, с. 44-50], [4, с. 37-39], [8, с. 18-29].

Задача мінімізації логічних функцій. Мінімізація логічних функцій методом безпосереднього застосування законів алгебри логіки. Методи Квайна і Мак-Класкі. Література: [1, с. 22-25, 34-42], [2, с. 51-53], [4, с. 42-51], [5, с. 6-10], [8, с. 31-45].

Застосування карт Карно для мінімізації логічних функцій. Література: [1, с. 25-34], [2, с. 53-59], [4, с. 43-48], [5, с. 11-16], [8, с. 46-57].

Розділ 2. Синтез одноктактних схем

Поняття про одноктактні схеми. Послідовність синтезу одноктактних схем. Синтез схем при наявності невизначених станів. Синтез схем з великою кількістю вхідних змінних. Приклади синтезу. Література: [1, с. 43-51], [2, с. 67-71], [5, с. 19-21], [6, с. 5-6], [8, с. 58-67].

Математичний опис півсуматора і повного суматора. Синтез схем перетворювачів кодів на суматорах і елементах ВИКЛЮЧАЮЧЕ АБО. Приклади синтезу. Література: [1, с. 51-56], [2, с. 110-117], [7, с. 119-123], [8, с. 69-75].

Схема ПЗП, програмованого при використанні. Програмування ПЗП для реалізації комбінаційних функцій. Приклад складання програми. Література: [1, с. 56-59], [3, с. 173-178], [7, с. 127-129], [8, с. 77-81].

Розділ 3. Синтез багатотактних схем

Синтез схем на основі таблиці переходів і карт Карно. Поняття про багатотактні схеми. Таблиця переходів – одна з форм запису умов роботи багатотактної схеми та правила її складання. Література: [1, с. 60-63], [2, с. 71-73], [5, с. 23-35], [6, с. 6-14], [8, с. 82-86].

Порядок синтезу багатотактної схеми. Складання первинної таблиці переходів. Стиснення первинної таблиці переходів. Визначення кількості і розміщення станів

проміжних змінних. Складання карт Карно для проміжних і вихідних змінних і визначення за ними алгебраїчних виразів. Приклад синтезу. Література: [1, с. 63-75], [2, с.73-79], [5, с. 23-35], [6, с. 6-14], [8, с. 88-102].

Змагання в безконтактних схемах і способи запобігання їм. Література: [1, с. 75-82], [2, с.76-79], [8, с. 104-112].

Синтез схем з технологічними затримками. Особливості складання первинної таблиці переходів і визначення кількості проміжних змінних. Приклад синтезу. Література: [1, с. 82-93], [8, с. 114-128].

Схема і принцип дії тактового розподільника. Математичний опис роботи схеми керування. Приклади синтезу схем на основі тактового розподільника. Література: [1, с. 114-123], [8, с. 130-142].

Синтез схем на основі циклограм. Основні поняття та визначення. Математичний опис роботи схеми. Перевірки реалізованості циклограм. Уведення самоблокування для циклограм, що мають кілька періодів вмикання. Методи усунення впливу самоблокування. Приклади синтезу. Література: [1, с. 94-105], [2, с. 79-88], [5, с. 42-50], [6, с. 11-14], [8, с. 144-159].

Синтез схем з технологічними затримками методом циклограм. Приклади синтезу. Література: [1, с. 105-113], [2, с. 87-88], [8, с. 160-172].

Синтез схем на тригерах. Загальні відомості. Подання умов роботи багатотактної схеми у вигляді графу переходів. Приклад побудови графу переходів. Синтез асинхронних багатотактних схем на RS-тригерах. Синтез синхронних багатотактних багатовходових схем. Приклад синтезу. Література: [1, с. 124-132], [3, с. 139-149], [4, с. 144-178], [5, с. 51-56], [7, с. 107-112], [8, с. 173-185].

Синтез синхронних одновходових схем. Література: [1, с. 133-138], [8, с. 187-195].

Будова і принцип дії мультиплексора-селектора. Математичний опис операцій, що виконуються мультиплексором-селектором. Синтез одноктактних схем. Література: [1, с. 139-149], [3, с. 170], [5, с. 57-60], [6, с. 24-33], [8, с. 196-209].

Синтез багатотактних схем на мультиплексорах-селекторах. Використання елементів методики синтезу одноктактних схем для синтезу багатотактних схем. Література: [1, с. 150-156], [5, с. 60-62], [6, с. 34-39], [8, с. 210-219].

Розділ 4. Елементна база та технічні засоби для побудови дискретних схем промислової автоматики

Загальні відомості про інтегральні мікросхеми. Література: [10, с. 52-56], [11, с.110-112], [21, с. 3-8].

Основи схемотехніки елементів ТТЛ. Варіанти вихідних каскадів ТТЛ-логіки. Вихідний каскад, виконаний за двотактною схемою (з активним виходом). Вихідний каскад з відкритим колектором. Елементи з третім (високоімпедантним) станом Z. Література: [10, с.68-75], [12, с. 92-95], [13, с.22-26], [21, с. 10-18].

Елементи ТТЛШ-логіки. Деякі особливості застосування мікросхем ТТЛ та ТТЛШ-логіки. Література: [10, с.72-80], [13, с.27-31], [21, с.19-23].

Елементи емітерно-зв'язаної логіки (ЕЗЛ). Література: [10, с.72-80], [13, с.27-31], [21, с. 24-29].

Елементи КМДН-логіки. Логічні елементи ТТЛ та ТТЛШ-логіки. Рекомендації по розробці апаратури із застосуванням мікросхем ТТЛ та ТТЛШ. Література: [10, с.81-85], [13, с.61-62, с. 47-48, с.287-319], [21, с. 30-37].

Тригери. RS-тригери. D- тригери. JK-тригери. Лічильники. Література: [12, с.100-108], [13, с.91-118, с.130-157], [21, с. 39-47].

Шифратори і дешифратори. Регістри. Схеми для вироблення установчих сигналів. Література: [11, с.156-160, с.162-165], [13, с.174-249, с.357-362], [21, с. 48-56].

Інтегральний таймер. Література: [10, с.269-277], [21, с. 57-63].

Автоматичний старт-стопний пристрій. Формувач імпульсів із змінюваною шпаруватістю. Скануючий пристрій із завданням робочої зони. Скануючий пристрій на основі реверсивного регістра зсуву. Перетворювач двійкового коду в кількість імпульсів. Перетворювач двійкового коду в кількість імпульсів. Література: [15, с.25-34], [21, с. 65-70].

Програмовані постійні запам'ятовуючі пристрої. Програмовані матриці логіки (ПМЛ або PAL). Загальні властивості ПЛІС. Література: [14, с.74-86], [21, с. 71-76].

Уніфікована логічна система керування промисловими механізмами типу УПМ-2. Реалізація основних логічних функцій. Література: [18, с.47-54], [21, с. 78-86].

Складання програмних карт для УПМ-2. Деякі рекомендації по складанню схем з використанням системи УПМ-2. Збільшення кількості входів та виходів. Реалізація затримок часу. Реалізація функції лічби. Узгодження напруги сигналів датчиків вхідної інформації із входами елементів станції УПМ-2. Узгодження параметрів вихідних сигналів діодної матриці з виконавчими пристроями. Література: [18, с.47-56], [21, с. 87-94].

Програмовані логічні контролери. Основні мови програмування. Перетворення відомих релейно-контактних схем для складання програм на мові LD. Література: [12, с.55-58], [21, с. 95-102].

Складання програм у формі LD для схеми, в якій вихідний елемент знаходиться всередині. Перетворення схем, що містять реле часу із затримкою на відпускання. Література: [12, с.64-67], [21, с. 103-109].

Логічний програмований контролер Hitachi. Програмування контролера Hitachi. Література: [15, с.64-71], [19, с.65-211], [21, с. 110-117].

Логічний програмований контролер MELSEC FX1N фірми Mitsubishi Electric. Структура команди (інструкції). Програмування команд посилення результату на таймер та лічильник. Правила програмування. Література: [20, с.27-74], [21, с. 133-141].

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Форми запису рівнянь динаміки ланок. Коефіцієнт самовирівнювання та його вплив. Лінеаризація нелінійних залежностей
2. Загальна форма запису диференціальних рівнянь у вигляді рівняння Лагранжа 2-го роду. Рівняння руху та структурна схема одномасової розрахункової схеми. Рівняння руху та структурна схема двомасової розрахункової схеми без врахування внутрішнього в'язкого тертя. Рівняння руху та структурна схема двомасової розрахункової схеми з урахуванням внутрішнього в'язкого тертя.
3. Синтез схем з технологічними затримками. Особливості складання первинної таблиці переходів і визначення кількості проміжних змінних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Список літератури до розділу „Теорія автоматичного керування”

Основна література

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. - К. Либідь, 1997.
2. Теория автоматического управления / Под ред. А.А. Воронова. - ч. 1 і ч. 2. - М.: Высшая школа, 1986.
3. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. - М.: Наука, 1988.
4. Бесекерский В.А. и др. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. - М.: Наука, 1978.

Додаткова література

5. Ципкин Я.З. Основы теории автоматических систем. - М.: Наука 1977.
6. Методические указания к изучению дисциплины "Теория автоматического управления" / Сост. Н.Г. Попович, В.Ф. Кудин. - ч.1 и ч.2. К.: КПИ, 1985.
7. Методические указания к курсовой работе по курсу "Теория автоматического управления" / Сост. Н.Г. Попович, А.В. Ковальчук, В.М. Пыжов, С.М. Пересада. - К.: КПИ, 1982.
8. Методические указания по изучению дисциплины "Теория автоматического управления". Раздел "Импульсные системы" / Сост. В.Ф. Кудин, С.М. Пересада. - К.: КПИ, 1984.
9. Методические указания по изучению дисциплины "Теория автоматического управления". Раздел "Нелинейные системы автоматического управления" / Сост. В.Ф. Кудин. - К.: КПИ, 1984;
10. Методические указания по изучению дисциплины "Теория автоматического управления". Раздел "Точные методы исследования нелинейных систем" / Сост. В.Ф. Кудин, Г.Г. Восканян, - К.: КПИ, 1985.
11. Методические указания к курсовой работе по дисциплине "Теория автоматического управления" / Сост. Н.Г. Попович, А.В. Ковальчук, Г.Г. Восканян. - К.: КПИ, 1992.

Список літератури до розділу „Теорія електропривода”

Основна література

1. Теорія електропривода/ За ред. М.Г.Поповича.- К.: Вища школа, 1993.-494 с.

2. Ключев В.И. Теория электропривода.- М.: Энергоатомиздат, 1985.-560 с.
3. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576 с.
4. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія електропривода» для студентів денної форми навчання зі спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»/ Укл. О.І.Кіселичник.- К.: НТУУ «КПІ», 2002.- 30 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електропривода» для студентів спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»/ Укл. М.Я.Островерхов.- К.: НТУУ «КПІ», 2001.- 56 с.
6. Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Теория электропривода» для студентов специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов»/ Сост. А.А.Кривак, В.М.Пыжов, А.В.Сученко.- К.: КПИ, 1990.- 56 с.
7. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория электропривода» для студентов специальности 0628/ Сост. А.И.Белевитин, В.В.Пивень, А.В.Сученко, А.Г.Шаповаленко.- К.: КПИ, 1982.- 63 с.
8. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория электропривода»/ Сост. А.Г.Шаповаленко, К.М.Юдин, В.В.Пивень, Н.В.Печеник, .- К.: КПИ, 1979.- 44 с.
9. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Теория электропривода» для студентов специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок»/ Сост. В.В.Пивень, В.М.Пыжов, А.В.Сученко.- К.: КПИ, 1988.- 52 с.

Додаткова література

10. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе.- М.: Энергия, 1977.- 432 с.
11. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под ред. В.А.Елисеева, А.В.Шинянского.- М.: Энергоатомиздат, 1983.- 616 с.
12. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода.- М.: Энергия, 1979.- 616 с.

Список літератури до розділу „Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів”

Основна література

1. Попович Н.Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П. Автоматизация производственных процессов и установок. -К.:Выща шк., Головное изд-во, 1986.-311с.
2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок. Учебник для вузов/ А.М.Корытин, Н.К.Петров, С.Н.Радимов, Н.К.Шапарев.-2-е изд. перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.-432с.
3. Ковальчук О.В. Логічний синтез дискретних схем автоматики: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 168 с. ISBN 978-966-622-294-0.
4. Попович М.Г., Гаврилюк В.А., Ковальчук О.В., Теряев В.І. Элементы автоматизованого електропривода. Київ. НМК ВО, 1990.
5. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни “Автоматизація процесів, установок і комплексів”/ Укладачі: Ковальчук О.В., Красовський Є.П., Восканян Г.Г., К.: КПІ, 1992.-44с.

6. Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Електронний засіб навчального призначення. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е9/10-013. Київ: НТУУ «КПІ», 2009 – 87 с.

7. Автоматизація технологічних процесів установок і комплексів: Методичні вказівки до практичних занять і виконання розрахунково-графічної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка" спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Електронний засіб навчального призначення. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е9/10-065. Київ: НТУУ «КПІ», 2010 – 78 с.

8. Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів-1: курс лекцій для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» денної форми навчання. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е10/11-243. Київ: НТУУ «КПІ», 2011 – 224 с.

9. Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів-1: Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка», спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» денної форми навчання. Укладачі Бур'ян С.О., Король С.В. НМУ № Е10/11-223. Київ: НТУУ «КПІ», 2011 – 48 с.

10. Жуйков В.Я., Бойко В.І., Зорі А.А., Співак В.М., Багрій В.В. Схемотехніка електронних систем. Том II. Цифрова схемотехніка//Підручник. К.: Аверс, 2002. – 772 с.

11. Попович М.Г., Гаврилюк В.А., Ковальчук О.В., Теряєв В.І. Елементи автоматизованого електропривода. Київ. НМК ВО, 1990.

12. Попович Н.Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П. Автоматизация производственных процессов и установок. -К.:Выща шк., Головное изд-во, 1986.-311с.

13. Цифровые интегральные микросхемы/ М.И. Богданович, В.В. Шалимо. Минск: «Беларусь», 1991. – 493 с. ISBN 5-338-00501-8.

14. Микропроцессорные средства производственных систем/ В.Н.Алексеев, А.М.Коновалов, В.Г.Колосов и др. – Л.: Машиностроение, 1988.-287с.

15. О.В. Ковальчук, І.Л. Бакшеев Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни «Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів» для студентів спеціальності «Електропривод та автоматизація промислових установок і технологічних комплексів». – К.: КПІ. 1995. – 36 с.

16. Ковальчук О.В. Логічний синтез дискретних схем автоматики: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 168 с. ISBN 978-966-622-294-0.

17. Автоматизація технологічних процесів установок і комплексів: Методичні вказівки до практичних занять і виконання розрахунково-графічної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка" спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Електронний засіб навчального призначення. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е9/10-065. Київ: НТУУ «КПІ», 2010 – 78 с.

18. Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Електронний засіб навчального призначення. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е9/10-013. Київ: НТУУ «КПІ», 2009 – 87 с.

19. <http://www.hitachi-ds.com/hitachi-ds/dms/downloads/micro-eh/manuals> /manual-microeh-en.PDF. Hitachi Programmable Controller HIDIC MICRO-EH. Application manual. 338 p.

20. www.kck.ua/files/products/12/47/62.pdf. Mitsubishi Electric. Семейства MELSEC FX. Программируемые контроллеры. Пособие для начинающего программиста. 2006 г., 106 с.

21. Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів-2: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності

«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» денної форми навчання.
Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е10/11-043. Київ: НТУУ «КПІ», 2010 – 147 с.

Додаткова література

22. Хоуп Г. Проектирование цифровых вычислительных устройств на интегральных схемах.-М.: Мир, 1984.-400с.

23. Элементы управления серии «Логика-Н»/В.Л.Рейзин, В.Е.Мандравин, А.И.Подаруев и др. М.: Энергоатомиздат, 1984.-176с.

24. Каталог схем по дисциплине «Элементы автоматизированного электропривода»/Сост. Теряев В.И., Ковальчук А.В., Киев: КПИ, 1989-71с.

Розробники програми:

к.т.н., ст. викл. Цивінський С.С.

к.т.н., ст. викл. Лавренова Д.Л.

к.т.н., доц. Кацадзе Т.Л.

д.т.н., проф. Головкин В.М.

к.т.н., ст. викл. Бур'ян С.О.

ст. викл. Безбереж'єв Ю.В.

д.т.н., проф. Бржезицький В.О.