

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний політехнічний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Приймальної комісії

_____ Г. О. Оборський

_____ 2018 р.

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ
для вступу на навчання за освітньо-науковим рівнем доктора філософії
зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

1. Механіка електроприводу

- 1.1. Приведення до валу двигуна фізичних величин (пересування, швидкість, прискорення, сила, маса) при поступальному та обертовому русі механізму. Врахування ККД передавального пристрою та режиму роботи електроприводу.
- 1.2. Типові механічні характеристики двигунів та технологічних механізмів.
- 1.3. Активні та реактивні сили та моменти навантаження і їх властивості. Механічні характеристики технологічних механізмів з активними і реактивними силами та моментами навантаження.
- 1.4. Статичні режими роботи ЕП. Рівняння балансу моментів сили, приведених до валу двигуна в статичних режимах. Визначення режиму роботи ЕП.
- 1.5. Динамічні режими роботи ЕП. Рівняння балансу моментів сили, приведених до валу двигуна в динамічних режимах. Рівняння д'Аламбера. Визначення знаку прискорення.
- 1.6. Динамічний режим роботи ЕП із постійними значеннями моментів сили двигуна та технологічного механізму. Розрахунок часу перехідного процесу, прискорення та переміщення. Режими пуску, реверсу та гальмування ЕП.
- 1.7. Оптимізація механічного руху ЕП. Оптимальне за прискоренням передаточне число та радіус приведення передавального пристрою електропривода.

2. Електромеханічні властивості електричних двигунів постійного струму

- 2.1. Природна електромеханічна та механічна характеристика двигуна постійного струму незалежного збудження (ДПС НЗ), її розрахунок та побудова.
- 2.2. Штучні електромеханічні та механічні характеристики. Способи отримання штучних характеристик. Розрахунок та побудова штучних електромеханічних та механічних характеристик ДПС НЗ. Задачі аналізу та синтезу.
- 2.3. Властивості ДПС НЗ, отримані завдяки використанню штучних характеристик (діапазон регулювання швидкості, плавність та стабільність регулювання швидкості, значення тривалого за нагрівом двигуна моменту навантаження, енергетична економічність способів регулювання швидкості та вартість обладнання, необхідного для реалізації різних способів регулювання швидкості).
- 2.4. Режими гальмування ДПС НЗ - генераторне рекуперативне, динамічне гальмування, гальмування проти-включенням. Електричні принципові схеми підключення ДПС НЗ, механічні характеристики ЕП.
- 2.5. Особливості регулювання координат ДПС НЗ, який живиться від окремого перетворювача напруги. Внутрішній опір перетворювача напруги. Основна механічна характеристика електроприводу, її відмінність від природної характеристики.
- 2.6. Електропривод з ДПС НЗ за системою Г-Д. Принципова електрична схема електроприводу. Механічні характеристики та режими роботи електроприводу у 4-х квадрантах системи координат М- ω .
- 2.7. Електромеханічні властивості двигунів постійного струму послідовного збудження, (ДПС ПЗ). Принципова електрична схема, універсальні характеристики.
- 2.8. Розрахунок та побудова природних та штучних електромеханічних та механічних характеристик ДПС ПЗ.
- 2.9. Режими гальмування ДПС ПЗ. Електричні принципові схеми підключення додаткових резисторів до обмотки якоря і обмотки збудження ДПС ПЗ, відповідні штучні електромеханічні та механічні характеристики ДПС ПЗ.
- 2.10. Особливості конструкції, електромеханічні та механічні характеристики двигунів постійного струму змішаного збудження (ДПС ЗЗ).

3. Електромеханічні властивості електричних двигунів змінного струму

- 3.1. Асинхронні двигуни (АД). Природна механічна характеристика АД. Характерні точки механічної характеристики АД: синхронна швидкість, пусковий момент, критич-

- ний момент, критичне ковзання. Спрощена формула Клосса для розрахунку природної механічної характеристики АД. Розрахунок та побудова механічної характеристики АД.
- 3.2. Штучні механічні характеристики АД, що відповідають зміні опору кола ротора. Задачі аналізу та синтезу. Спрощені методики розрахунку штучних механічних характеристик АД.
 - 3.3. Штучні характеристики при зміні частоти та амплітуди напруги на обмотці статора АД. Залежність закону частотного керування $U(f)$ від механічної характеристики технологічного механізму.
 - 3.4. Режими гальмування АД. Електричні принципові схеми підключення АД і відповідні механічні характеристики.
 - 3.5. Електромеханічні властивості синхронних двигунів (СД). Електрична принципова схема підключення СД, механічні та кутові характеристики СД.
- 4. Електромеханічні та електромагнітні перехідні процеси в електроприводі**
- 4.1. Природа та види перехідних процесів.
 - 4.2. Рівняння руху ЕП при постійних значеннях моментів двигуна та навантаження.
 - 4.3. Рівняння руху ЕП при постійному значенні моменту навантаження та при наявності прямолінійної механічної характеристики двигуна. Правила розрахунку та побудова динамічних механічних характеристик та графіків перехідних процесів.
 - 4.4. Аналіз типових перехідних процесів в ЕП при $M_C = \text{const}$: та $M_{ДВ} = \text{varia}$.
 - 4.5. Графо - аналітичні методи розрахунку та побудови графіків перехідних процесів при складній формі механічних характеристик двигуна та технологічного механізму.
 - 4.6. Електромагнітні перехідні процеси. Перехідні процеси в ЕП постійного струму з урахуванням електромагнітної та електромеханічної сталої часу. Процеси аперіодичні та коливальні.
 - 4.7. Перехідні процеси в обмотках збудження електричних машин. Припущення при аналізі перехідних процесів в обмотках збудження. Перехідні процеси при врахуванні нелінійного графіка намагнічування та при застосуванні режиму форсування.
- 5. Енергетика статичних та динамічних режимів роботи електропривода**
- 5.1. Параметри та показники, що описують енергетику ЕП. Процес перетворення енергії. Економічні та неекономічні системи ЕП.
 - 5.2. Енергетика електродвигунів постійного та змінного струму у номінальному режимі роботи.
 - 5.3. Енергетика електропривода при відсутності регулювання швидкості двигуна. Загальні припущення. Втрати постійні та змінні.
 - 5.4. Енергетика електроприводу при регулюванні швидкості двигуна. Економічні та неекономічні системи ЕП постійного та змінного струму.
 - 5.5. Енергетика перехідних процесів економічних та неекономічних ЕП.
 - 5.6. Аналіз та порівняння енергетики ЕП. Енергетичні діаграми перехідних процесів без навантаження асинхронного двигуна з короткозамкненою обмоткою ротора.
- 6. Методи вибору потужності двигунів**
- 6.1. Процеси нагріву та охолодження електричних машин. Припущення щодо теплової моделі та рівняння балансу енергії.
 - 6.2. Графіки нагріву та охолодження електричних машин. Врахування умов охолодження. Коефіцієнт погіршення охолодження.
 - 6.3. Номінальні за нагрівом режими роботи двигунів.
 - 6.4. Еквівалентні за нагрівом величини (середня потужність втрат енергії, еквівалентний струм, еквівалентний момент, еквівалентна потужність,).
 - 6.5. Вибір двигунів для режиму S1 та його різновидів (S6, S8).
 - 6.6. Вибір двигунів для режиму S3.
 - 6.7. Вибір двигунів для режиму S2 та у разі частих пускових та гальмівних процесів. Механічні та термічні перенавантаження двигунів.

7. Електропривод за системою Г-Д

- 7.1. Електрична принципова схема системи Г-Д, її склад та принцип дії. Механічні характеристики електроприводу в статичних режимах, основна та штучні механічні характеристики, двозонне регулювання швидкості. Властивості системи Г-Д.
- 7.2. Динамічні режими системи Г-Д. Математична модель динамічних режимів системи Г-Д.
- 7.3. Правила аналізу та побудови динамічних електромеханічних та механічних характеристик системи Г-Д та графіків перехідних процесів. Приклади перехідних процесів пуску в системі Г-Д при $M_C=0$, M_C активного та реактивного характеру, без форсування та з форсуванням перехідних процесів.

8. Електропривод за системою ТП-Д

- 8.1. Електричні принципові схеми тиристорного перетворювача (мостова та нульова), склад та принцип дії, параметри системи ТП-Д. ЕРС та напруга на виході тиристорного перетворювача.
- 8.2. Механічні та електромеханічні характеристики системи ТП-Д в режимах безперервного та переривчастого струму. Особливості розрахунку швидкості ідеального холостого ходу в режимі переривчастого струму.
- 8.3. Змінна складова вихідної напруги перетворювача, пульсації струму, заходи зменшення пульсації струму. Задачі аналізу та задачі синтезу при визначенні індуктивності якірного дроселя.
- 8.4. Реверсивний 2-комплектний електропривод із сумісним та роздільним керуванням комплектами тиристорів: умови узгодження комплектів тиристорів, механічні характеристики системи ТП-Д, її переваги та недоліки.
- 8.5. Математичний опис та особливості перехідних процесів в системі ТП-Д при лінійній зміні в часі значення сигналу керування, що подається на вхід ТП.
- 8.6. Динамічні механічні характеристики та графіки перехідного процесу електроприводу ТП-Д при лінійній зміні в часі значення сигналу керування, що подається на вхід ТП.

9. Електропривод за системою ШІП-Д

- 9.1. Принципи імпульсного керування напругою постійного струму, однополярні та двополярні керувані широтно-імпульсні перетворювачі напруги, технічні можливості тиристорних та транзисторних ШІП.
- 9.2. Електропривод із імпульсним керуванням опором резисторів у колах якоря двигуна постійного струму та в роторній обмотці АД. Принципові схеми, принцип дії, механічні характеристики.
- 9.3. Одноквадрантний електропривод ШІП-Д. Епюри струму та напруги, механічні характеристики. Режими безперервного та переривчастого струму, їх вплив на форму механічної характеристики.
- 9.4. Двохквадрантний електропривод ШІП-Д, принцип рекуперації енергії, механічні характеристики.
- 9.5. Граничний струм та швидкість, пульсації струму при 1-полярному та 2-полярному живленні ДПС, область пульсації струму. Обмеження пульсації струму, задачі аналізу та синтезу при обмеженні пульсації струму.
- 9.6. Реверсивний електропривод ШІП-Д при 1-полярному та 2-полярному живленні ДПС.

10. Елементи теорії узагальненої електричної машини

- 10.1. Властивості трьохфазних векторів напруги, струму, потокозчеплення. Вектори результуючі та узагальнені.
- 10.2. Системи координат двохфазні (Декартові), трьохфазні, нерухомі та рухомі. Описання узагальненого вектора напруги у системах координат, що рухаються з різною швидкістю.
- 10.3. Електрична машина ідеалізована та узагальнена, електрична принципова схема узагальненої електричної машини в нерухомій системі координат.

- 10.4. Математичний опис узагальненої електричної машини в координатних осях α , β (рівняння електричної рівноваги статора та ротора, рівняння потокозчеплень, електромагнітного моменту, механічної рівноваги, врахування кількості полюсів реальної електричної машини).

11. Електропривод за системою ПЧ-АД

- 11.1. Класифікація систем електроприводу з перетворювачами частоти.
- 11.2. Електропривод із безпосередніми перетворювачами частоти (з безпосереднім зв'язком із мережею живлення), електричні схеми, характеристики, властивості.
- 11.3. Електроприводи із автономними інверторами напруги з амплітудним та широтно-імпульсним керуванням напругою, принципи комутації напівпровідникових ключів, форма напруги та струму, механічні характеристики.
- 11.4. Скалярні та векторні системи керування системою ПЧ-АД.

ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

1. Принципи керування. Керування за похибкою. Необхідність зворотного зв'язку.
2. Перетворення структурних схем. Еквівалентні передаточні функції послідовного та паралельного з'єднання ланок, при застосуванні зворотного зв'язку. Перенесення в структурній схемі вузлів та суматорів.
3. Типові динамічні ланки, їх характеристики. Пропорційна ланка (П-ланка), інтегруюча ланка (І-ланка), диференційна ланка (Д-ланка), інерційна ланка, коливальна ланка. ПІ-ланка та ПІД-ланка, ланка з запізненням.
4. Стійкість САУ. Означення, необхідні умови. Критерії стійкості Гурвіца та Найквіста, використання АФХ, ЛАЧХ та ФЧХ. Запас стійкості.
5. Якість процесів керування. Показники якості, частотні оцінки якості.
6. Стабілізація, корекція. Послідовна корекція, корекція за допомогою зворотних зв'язків. Види зворотних зв'язків.
7. Послідовна корекція з підпорядкованим регулюванням координат. Технічний та симетричний оптимум. Регулятори та їх реалізація.
8. Нелінійні системи. Означення, види нелінійності, однозначні та неоднозначні нелінійності.
9. Метод гармонійної лінеаризації. Основні припущення методу, визначення параметрів автоколивань.
10. Дискретні системи. Особливості дискретних систем, їх характеристики. Властивості імпульсної ланки. Передаточна функція, частотні характеристики імпульсних систем.
11. Теорема Котельникова. Зв'язок імпульсних систем із неперервними системами.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

1. Мета і задачі математичного моделювання. Засіб декомпозиції.
2. Типові нелінійні елементи в системах електроприводу. Моделі релейних регуляторів.
3. Алгоритм типової програми моделювання з використанням метода кінцевих приростів.
4. Модель інерційної ланки у кінцевих приростах.
5. Модель ПІ-регулятора у кінцевих приростах.
6. Моделі інтегруючої та диференційної ланок у кінцевих приростах.
7. Модель ланки запізнення.
8. Моделювання процесів квантування за часом.
9. Моделювання процесів квантування за рівнем.
10. Лінійно - кускова апроксимація двомірних нелінійних елементів.

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

1. Електричні апарати високої напруги. Комутаційні апарати. Вимикачі, вимикачі навантаження, роз'єднувачі, віддільники, короткозамикачі. Призначення, параметри, умови вибору, область застосування. Приводи, призначення і типи. Обмежуючі апарати. Струмообмежувальні реактори, трубчасті і вентильні розрядники, обмежувачі перенапруг. Призначення, типи, параметри, умови вибору, область застосування. Вимірювальні трансформатори напруги і трансформатори струму. Призначення основні параметри, особливості режиму роботи, вибір. Ємнісні подільники напруги.

2. Електричні апарати низької напруги. Апарати керування контактні. Кнопки керування, універсальні перемикачі, командоконтролери, шляхові і кінцеві вимикачі, резистори і релієсти. Апарати розподільних пристроїв контактні. Рубильники і перемикачі. Запобіжники низьковольтні і високовольтні. Автоматичні повітряні вимикачі.

3. Схеми заміщення елементів електроенергетичних систем. Схеми заміщення ліній електропередачі (ЛЕП). Схеми заміщення трансформаторів і автотрансформаторів. Уявлення навантажень при розрахунках ustalених режимів електроенергетичних систем. Спрощення схем заміщення залежно від призначення розрахунків.

4. Втрати потужності в елементах електроенергетичної системи. Втрати потужності на ділянці ЛЕП. Розподіл потужності на ділянці ЛЕП при розрахунках ustalених режимів. Втрати потужності в трансформаторі.

5. Графіки навантажень. Розрахунок енергоспоживання і втрат енергії в електроенергетичних системах. Способи одержання графіків навантажень. Типи графіків навантажень. Час використання максимального навантаження. Час максимальних втрат. Розрахунок втрат енергії на ділянці ЛЕП. Розрахунок втрат енергії в трансформаторах і автотрансформаторах.

6. Падіння і втрати напруги в електроенергетичних системах. Розрахунок падіння напруги на ділянці ЛЕП по струму навантаження. Розрахунок падіння напруги на ділянці ЛЕП по потужності навантаження. Втрати напруги в ЛЕП і в трансформаторі.

7. Розрахунок робочих режимів розімкнутих електричних мереж. Визначення робочого режиму. Вихідні дані для розрахунку робочих режимів. Методи розрахунку робочих режимів електроенергетичних систем. Розрахунок робочого режиму ділянки розімкнутої мережі високої напруги методом розрахунку "у два етапи". Спрощення при розрахунках робочих режимів розподільних мереж середньої і низької напруги.

8. Регулювання напруги в електроенергетичних системах. Задачі регулювання напруги в електроенергетичних системах. Зустрічне регулювання напруги в електроенергетичній системі. Регулювання напруги на генераторах електричних станцій. Регулювання напруги під навантаженням на трансформаторах із пристроями регулюванням під навантаженням.

9. Вибір перерізу проводів і кабелів в електричних мережах різних класів напруги. Технічні обмеження при виборі перерізів провідників. Вибір перерізів за економічною густиною струму. Вибір перерізів провідників за допустимою втратою напруги. Вибір перерізу провідників за умовами нагрівання.

10. Струми короткого замикання (КЗ) в системах електропостачання і схеми заміщення для їхніх розрахунків. Розрахункові схеми і схеми заміщення для визначення струмів КЗ. Основні допущення, прийняті при складанні схем заміщення. Система відносних одиниць. Складання схем заміщення. Зведення параметрів елементів системи до основного ступеня напруги при розрахунках в іменованих і відносних одиницях.

11. Перехідний процес при трифазному КЗ в мережі, що одержує живлення від джерела необмеженої потужності. Перехідний процес при трифазному КЗ у найпростішому колі. Зміна у часі струму і його складових. Умови виникнення найбільшого значення аперіодичної складової і повного струму КЗ. Ударний струм і ударний коефіцієнт. Коротке замикання в складній, розгалуженій мережі. Наближене визначення аперіодичної складової струму, оцінка еквівалентної сталої часу її зміни.

12. Розрахунок початкового значення періодичної складової і ударного струмів короткого замикання. Початковий перехідний і надперехідний струми КЗ. Поперечна перехідна

електрорушійна сила (ЕРС) і подовжній перехідний індуктивний опір синхронного генератора. Надперехідні ЕРС і надперехідні індуктивні опори СГ. Характеристики двигунів і загального навантаження в початковий момент КЗ. Практичні методи розрахунку початкового значення періодичної складової й ударного струмів КЗ.

13. Практичні методи розрахунку періодичної складової струму КЗ у довільний момент часу. Метод типових кривих. Метод спрямлених характеристик.

14. Перехідні процеси при порушенні симетрії трифазного кола. Застосування методу симетричних складових. Параметри елементів системи для струмів різних послідовностей: складання схем заміщення прямої, зворотної і нульової послідовностей.

15. Розрахунки перехідних процесів при однократній поперечній і подовжній несиметрії. Граничні умови і співвідношення між симетричними складовими струмів і напруги для несиметричних КЗ різних видів. Комплексні схеми заміщення, векторні діаграми струмів і напруги у місці виникнення несиметрії. Розрахункові вирази для струмів і напруги. Правило еквівалентності струму прямої послідовності.

16. Електричні станції в енергосистемі і роль станцій різних типів у покритті графіка електричних навантажень: КЕС, ТЕЦ, ГЕС, АЕС. Турбо- і гідрогенератори, основні параметри системи охолодження. Системи збудження, призначення і принципи автоматичного гасіння магнітного поля. Включення генераторів на паралельну роботу із системою. Режими роботи в системі, регулювання активної потужності (частоти) і реактивної потужності (напруги) генераторів і станцій у системі. Одержання електроенергії від поновлюваних джерел, перспективи вітро- та геліоелектростанцій.

17. Підстанції в електроенергетичній системі. Їх класифікація. Структурні схеми трансформаторних підстанцій. Загальні умови вибору числа і потужності трансформаторів підстанцій. Вибір потужності трансформаторів з урахуванням вимог ДСТ 14209-85.

18. Розподільні пристрої електричних станцій і підстанцій. Основні вимоги й область застосування схем розподільних пристроїв напругою понад 1 кВ. Схеми розподільних пристроїв з комутацією приєднань через один вимикач. Схеми розподільних пристроїв з комутацією приєднань через два вимикача. Спрощені схеми розподільних пристроїв підвищеної напруги. Електропостачання власних потреб електростанцій і підстанцій.

19. Основи нормування допустимих струмів у струмоведучих частинах і електроустаткування в робочих (нормальних і післяаварійних) режимах. Загальні умови вибору струмоведучих частин за нагріванням.

20. Термічна і динамічна стійкість провідників та апаратів при КЗ. Визначення інтеграла Джоуля (імпульсу квадратичного струму КЗ) в електричній системі та загальні умови перевірки струмоведучих частин і апаратів на стійкість при КЗ.

21. Основні властивості й електричні характеристики зовнішньої ізоляції електроустановок.

22. Основні види й електричні характеристики внутрішньої ізоляції електроустановок.

23. Грозові перенапруги і блискавкозахист установок. Розрахунок зон захисту однодвох і багаторазових стержневих блискавковідводів. Розрахунок зон захисту тросових блискавковідводів.

24. Комутаційні перенапруги в системах електропостачання і захист від них. Вибір розрядників і обмежувачів перенапруг.

25. Блискавкозахист станцій і підстанцій.

26. Загальні відомості про релейний захист (РЗ). Призначення і різновиди пристроїв РЗ. Основні вимоги, пропоновані до РЗ (селективність, швидкість дії, чутливість, надійність). Принципи дії РЗ. Основні, резервні і додаткові захисти.

27. Основні види реле. Основні параметри і характеристики, класифікація реле. Логічні елементи. Електромагнітні реле струму, напруги, проміжні, вказівні реле і реле часу, настроювання параметрів. Індукційні реле струму з залежною характеристикою, пристрій, параметри і характеристики.

28. Трансформатори струму (ТС) в схемах релейного захисту. Типові схеми з'єднання ТС і реле; векторні діаграми струмів при різних режимах; коефіцієнт схеми. Трансформаторний фільтр струмів нульової послідовності.

29. Струмові захисти. Максимальний струмовий захист (МСЗ). Структурна схема. Вибір часу спрацьовування. Ступінь селективності. Узгодження характеристик часу спрацьовування МСЗ із залежною характеристикою. Струм спрацьовування МСЗ; основні умови вибору струму спрацьовування, коефіцієнт самозапуску навантаження. Коефіцієнт чутливості. Струмова відсічка (СВ) без витримки часу. Вибір струму спрацьовування. Мертва зона. Коефіцієнт чутливості СВ, використовуваної як додатковий захист. Особливості СВ трансформаторів. Застосування струмової відсічки на лініях із двостороннім живленням; струм спрацьовування; відстроювання від струмів хитань. Застосування СВ на блоках "лінія-трансформатор" як основного захисту лінії; визначення коефіцієнта чутливості. СВ з витримкою часу. Вибір струму і часу спрацьовування. Триступеневий струмовий захист, структурна схема, діаграма роботи. Оцінка СВ, область застосування.

30. Захист плавкими запобіжниками. Вибір запобіжників. Вибір плавких вставок за робочим струмом, за струмом перевантаження, за умовою роботи контакторів і магнітних пускачів. Перевірка чутливості захисту запобіжниками. Селективність захисту запобіжниками. Особливості захисту запобіжниками напругою вище 1 кВ.

31. Захист повітряними автоматичними вимикачами напругою до 1 кВ (автоматами). Вибір автоматів. Вибір параметрів розчеплювачів автоматів для першого, другого і третього ступенів захисту. Перевірка чутливості і селективності захисту за допомогою автоматів.

32. Захист від однофазних замикань на землю в мережі з ізольованою нейтраллю. Векторні діаграми струмів і напруги у мережі з ізольованою нейтраллю (без дугогашуючого реактора) у нормальному режимі і режимі заземлення однієї фази. Струми і напруги нульової послідовності. Струм однофазного замикання на землю. Неселективна сигналізація про однофазне замикання на землю. Селективний струмовий захист нульової послідовності. Розподіл струмів нульової послідовності розгалуженої мережі з ізольованою нейтраллю при однофазному замиканні на землю. Струм спрацьовування і коефіцієнт чутливості захисту.

33. Системи електропостачання (СЕП): основні визначення, загальні вимоги і структура.

34. Електричні навантаження. Поняття електричного навантаження. Класифікація електроприймачів (ЕП) та їх типи. Електричні навантаження, що належать визначенню. Графіки електричних навантажень СЕП. Показники, які характеризують графіки навантажень та режими роботи ЕП. Методи визначення розрахункових навантажень: класифікація, основні і додаткові методи. Визначення розрахункових навантажень на різних рівнях схеми електропостачання. Визначення пікових навантажень. Визначення центра електричних навантажень та місця розташування джерела живлення.

35. Джерела живлення (ДЖ) електричної енергії СЕП. Загальні відомості про ДЖ в СЕП. Вибір кількості та потужності трансформаторів в СЕП. Застосування трансформаторів з розщепленими обмотками та триобмоткових трансформаторів. Власні електростанції СЕП. Агрегати гарантованого живлення. ДЖ вторинних допоміжних ланцюгів.

36. Компенсація реактивної потужності СЕП. Поняття реактивної енергії та потужності. Коефіцієнти, що характеризують реактивну потужність. Вплив компенсації реактивної потужності на параметри й економічність роботи елементів СЕП. Заходи щодо компенсації реактивної потужності. Джерела реактивної потужності. Розподіл компенсуючих пристроїв (КП) в електричних мережах СЕП. Системний розрахунок реактивної потужності споживачів електроенергії. Визначення реактивної потужності КП споживачів електроенергії.

37. Розподіл електричної енергії при напрузі понад 1 кВ. Класифікація електричних мереж СЕП та їх режими роботи. Основні принципи побудови схем електропостачання. Схеми електричних мереж зовнішнього електропостачання: промислових підприємств, міст і сільського призначення. Схеми електричних мереж внутрішнього електропостачання при напрузі понад 1 кВ. Радіальні (одноступеневі) схеми, живлення однострансформаторних та двотрансформаторних підстанцій. Радіальні двоступеневі схеми, магістральні (одиначні без

резервування, з двома паралельними магістралями), змішані. Вибір перерізу провідників розподільних мереж напругою 6–10 кВ. Підстанції та розподільні пункти СЕП: класифікація, головні понижувальні підстанції (ГПП), розподільні пункти (РП), цехові трансформаторні підстанції (ЦТП), підстанції для міських мереж, підстанції для сільських мереж.

38. Розподіл електричної енергії при напрузі до 1 кВ. Особливості електричних мереж напругою до 1 кВ. Режими нейтралі в електричних мережах напругою до 1 кВ. Схеми та конструктивне виконання електричних мереж напругою до 1 кВ. Комутаційні та захисні апарати в електричних мережах напругою до 1 кВ. Загальні умови вибору електричних апаратів в електричних мережах з напругою до 1 кВ. Вибір перерізу провідників за умовою нагрівання.

39. Питання надійності та якості електричної енергії. Загальні поняття надійності. Визначення кількісних характеристик надійності. Методи розрахунку надійності СЕП. Визначення збитку від перерви електропостачання. Загальні питання якості електроенергії (ЯЕ). Стандартизація ЯЕ: область застосування, показники, норми, контроль (ДСТ 13109-97). Інтегральна ймовірність у нормуванні показників ЯЕ. Усталене відхилення напруги: причини виникнення, визначення показника, норми, вплив на роботу ЕП. Розрахунок усталених відхилень напруги. Заходи та пристрої з нормалізації показників усталених відхилень напруги. Відхилення частоти: причини виникнення, визначення показника, норми, вплив на роботу ЕП, регулювання.

40. Облік та економія електричної енергії. Вимірювання та облік електроенергії. Розрахунки за електроенергію. Електробаланс і питомі норми споживання електроенергії. Загальні шляхи економії електроенергії в СЕП.

41. Застосування математичного методу «вищих гармонік» в електроенергетиці.
42. Поняття про вищі гармоніки струму і напруги в системах електропостачання.
43. «Джерела струму вищих гармонік» в системах електропостачання.
44. Розповсюдження струмів вищих гармонік в електроенергетичній системі.
45. Методи визначення рівнів струмів і напруги в системах електропостачання.
46. Графоаналітичний метод визначення спектра, амплітуди, початкового кута і діючого значення струмів вищих гармонік.
47. Поняття про електромагнітну сумісність в системі електропостачання.
48. Електромагнітна обстановка системи електропостачання.
49. Особливість схеми заміщення для розрахунку режимів на вищих гармоніках.
50. Частотна характеристика системи електропостачання.
51. Поняття про резонанс струму і напруги в системі електропостачання.
52. Способи впливу на частотну характеристику системи електропостачання.
53. Фільтро-компенсуючі пристрої системи електропостачання.
54. Конденсаторні установки зі ступеневим регулюванням потужності.
55. Пасивні резонансні фільтри вищих гармонік струму.
56. Можливі схеми простих пасивних резонансних фільтрів і способи їх регулювання.
57. Комбіновані пасивні фільтри і способи їх регулювання.
58. Активні фільтри вищих гармонік струму.

ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. ТРАНСФОРМАТОРИ

- 1.1. Робота однофазного трансформатора в режимі неробочого ходу:
 - принцип дії, вирази для діючих значень ЕРС первинної і вторинної обмоток,
 - рівняння електричної рівноваги, схема заміщення, векторні діаграми
 - форма струму неробочого ходу при синусоїдальних напрузі і магнітному потоці.
- 1.2. Робота однофазного трансформатора в режимі навантаження:
 - приведення параметрів вторинної обмотки до параметрів первинної,
 - рівняння напруг приведенного трансформатора, рівняння МРС і струмів,
 - схема заміщення, векторна діаграма при R-L і R-C навантаженнях,
 - зовнішні характеристики, втрати і ККД, енергетична діаграма.

- 1.3. Досліди неробочого ходу і короткого замикання:
- характеристики неробочого ходу і короткого замикання,
 - визначення параметрів схеми заміщення,
 - трикутник короткого замикання, визначення напруги короткого замикання.
- 1.4. Трифазні трансформатори:
- конструкції магнітних систем, групи з'єднання.
 - особливості режиму неробочого ходу трифазного трансформатора:
 - криві магнітного потоку, струму, фазної і лінійної ЕРС для трифазного тристрижневого трансформатора, що має схеми з'єднання обмоток У/У, те ж для групового трансформатора,
 - криві магнітного потоку, струму, фазного і лінійної ЕРС трифазного трансформатора при з'єднанні обмоток У/ Δ і У/У₀.
- 1.5. Паралельна робота трансформаторів:
- умови вмикання трансформаторів на паралельну роботу,
 - паралельна робота трансформаторів у режимі неробочого ходу при нерівності їхніх коефіцієнтів трансформації, те ж при навантаженні,
 - паралельна робота трансформаторів при нерівності їхніх напруг КЗ,

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МАШИН ЗМІННОГО СТРУМУ

- 1.6. Трифазні обмотки статора:
- формування розподілів обмоток за допомогою числових рядів і векторних діаграм ЕРС,
 - схеми розгорнень двошарових і одношарових обмоток,
- 1.7. ЕРС обмоток:
- формули ЕРС провідника, витка котушки, котушкової групи і фази обмотки,
 - обмотковий коефіцієнт, зубцеві гармоніки ЕРС, способи поліпшення форми ЕРС.
- 1.8. МРС обмоток:
- МРС котушки з повним кроком, котушкової групи і МРС фази, МРС трифазної обмотки,
 - умови створення кругового обертового магнітного поля в трифазних і двофазних машинах.

Асинхронні машини

- 1.9. Конструкція і принцип дії асинхронних двигунів. Режими роботи асинхронних машин.
- 1.10. Робочий процес трифазного асинхронного двигуна:
- рівняння напруг, рівняння МРС і струмів, приведення параметрів обмотки ротора,
 - приведення обертової асинхронної машини до нерухливої, Т- і Г- образні схеми заміщення приведеної асинхронної машини, векторна діаграма.
- 1.12. Електромагнітний момент:
- висновок формули електромагнітного моменту, залежність $M_{em}=f(S)$,
 - вплив напруги мережі, активного й індуктивного опорів ротора на залежність $M_{em}=f(S)$,
 - вплив вищих гармонік магнітного поля на криву $M_{em}=f(S)$, умови усталеної роботи АД.
- 1.13. Робочі характеристики АД.
- 1.14. Досліди неробочого ходу (ХХ) і короткого (КЗ) АД:
- характеристики ХХ і КЗ, визначення параметрів схеми заміщення АД.
 - поділ втрат на втрати в сталі та механічні,
- 1.15. Способи пуску АД:
- пуск АД з короткозамкненим ротором переключенням обмотки статора з Δ на У,
 - порівняння робочих характеристик при з'єднанні обмотки статора в Δ на У,

- 1.16. Способи регулювання частоти обертання АД:
- зміною частоти живильної мережі, - зміною числа пар полюсів обмотки статора,
- зміною напруги, зміною активного опору кола ротора в АД з фазним ротором.

Синхронні машини

- 1.17. Конструкція і призначення конструктивних вузлів синхронних машин.
1.18. Реакція якоря в синхронному генераторі.
1.19. Приведення реальних полів статора синхронної явнополюсної машини.
1.20. Рівняння електричної рівноваги синхронного неявнополюсного генератора і векторна діаграма Потьє.
1.21. Рівняння електричної рівноваги синхронного явнополюсного генератора і векторна діаграма Блонделя.
1.22. Характеристики синхронного генератора при роботі на автономне навантаження:
- ХХ, КЗ, навантажувальна, зовнішня, регульовальна.
1.23. Способи дослідного визначення синхронного індуктивного опору X_d :
- по дослідах ХХ і КЗ, по досліді ХХ і індукційній навантажувальній характеристиці
1.24. Дослідне визначення індуктивного опору X_b .
1.25. Включення генераторів на рівнобіжну роботу з мережею:
- спосіб точної синхронізації, - спосіб грубої синхронізації,
- регулювання активної потужності, регулювання реактивної потужності,
1.26. Висновок формули ЕМ моменту синхронного явнополюсного генератора.
- Кутові характеристики синхронного явнополюсного генератора.
- V - образні характеристики.
1.27. Асинхронний пуск синхронного двигуна.
1.20. Рівняння електричної рівноваги. Векторні діаграми синхронного двигуна:
- Потьє для неявнополюсного двигуна, Блонделя для явнополюсного двигуна.
1.28. Кутові й V- образні характеристики СД.
1.29. Синхронний компенсатор.

Спеціальні електричні машини

- 1.30. Конструкції і принцип дії однофазних АД. Залежності моменту від ковзання конденсаторного АД і АД з пусковою обмоткою.
1.31. Конструкція і принцип дії синхронного реактивного двигуна. Векторна діаграма, кутова характеристика.
1.32. Конструкція і принцип дії гістерезисного СД. Механічна характеристика.
1.33. Конструкція і принцип дії УКД. Порівняння робочих характеристик при роботі від мережі постійного і змінного струмів.
1.34. Конструкція і принцип дії виконавчих ДПС. Порівняння механічних і регульовальних характеристик при якірному і полюсному керуваннях.
1.35. Конструкція і принцип дії асинхронних виконавчих двигунів. Порівняння механічних і регульовальних характеристик при амплітудному, фазовому та амплітудно-фазовому керуваннях.
1.36. Конструкція і принцип дії тахогенераторів ПС. Рівняння вихідної характеристики. Погрішності і способи їхнього усунення.
1.37. Конструкція і принцип дії асинхронних ТГ. Рівняння вихідної характеристики. Амплітудна і фазова похибки. Способи їх зменшення.
1.38. Конструкція обертового трансформатора (ОТ). Схеми включення і похибки синусно – косинусного ОТ, лінійного ОТ, ОТ - побудовува і ОТ- фазообертача.
1.39. Конструкція і принцип дії однофазних сельсінів. Індикаторний і трансформаторний режими роботи. Похибки.

Машини постійного струму (МПС)

2.1. Конструкція і призначення МПС.

2.2. Принцип дії МПС:

- принцип дії генератора постійного струму (ГПС)
- принцип дії двигуна постійного струму (ДПС)
- рівняння електричної рівноваги для ГПС, ДПС, електромагнітного гальма,

2.3. Обмотки якоря:

- типи обмоток якоря, визначення кроків простої петльової і простої хвильової обмоток,
- схеми-розгорнення простої петльової і простої хвильової обмоток.

2.4. Розрахунок магнітного кола МПС у режимі ХХ:

- розрахунок МРС повітряного зазору, зубцевої зони, спинки якоря, полюсів і ярма,
- магнітна характеристика і визначення коефіцієнта насичення магнітного кола.

2.5. Магнітне поле МПС при навантаженні:

- графіки просторового розподілу індукції результуючого магнітного поля.
- вплив реакції якоря на роботу генератора (двигуна), способи зменшення реакції якоря.

2.6. Комутація:

- причини іскріння, рівняння електричної рівноваги секції, що комутується,
- висновок вираження для визначення струму в секції,- ЕРС, що наводяться в секції, що комутується (прямолінійна комутація),
- криві зміни струму в секції, що комутується, при різних комутаціях.

2.7. Способи поліпшення комутації:

- зрушення щіток з геометричної нейтралі, установка додаткових полюсів,
- крива результуючого розподілу індукції магнітного поля та її складових при наявності додаткових полюсів, розрахунок числа витків обмотки ДП.

2.8. Генератори постійного струму:

- схеми включення ГПС із різними способами збудження,
- процес самозбудження ГПС паралельного збудження,
- порівняння зовнішніх характеристик ГПС незалежного і паралельного збудження,
- порівняння зовнішніх характеристик ГПС змішаного збудження при згідному і зустрічному включенні обмотки послідовного збудження.

2.9. Двигуни постійного струму:

- схеми включення ДПС із різними способами збудження,
- рівняння швидкісної і механічної характеристик, порівняння швидкісних і механічних характеристик двигунів паралельного, послідовного і змішаного збудження,
- способи регулювання частоти обертання ДПС паралельного та послідовного збудження,
- втрати і ККД, енергетична діаграма.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

№ п/п	Автор	Назва підручника (навчального посібника)	Видавництво, рік видання
1	2	3	4
1	Казачковський М.М.	Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти. Навч. посібник.	Дніпропетровськ: НГА України, 2000
2	Кацман М.М.	Электрические машины.	М.: Высш.шк., 2001,
3	Казачковський М.М.	Комплектні електроприводи	Дніпропетровськ: НГУ, 2003
4	Під ред. / М.Г. Попович та ін.	Теорія електропривода	К.: Вища шк., 1993.

5	Онищенко Г.Р., Аксенов М.И. и др.	Автоматизированный электропривод промышленных установок.	М.: РАСХИ, 2001.
6	Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М.	Преобразовательная техника. Учебник для вузов.	М.: Высш. школа, 1993.
7	Метельский В.П.	Електричні машини та мікромашини	Запоріжжя: ЗНТУ, 2001.
8	Терехов В.М., Осипов О.И.	Системы управления электроприводами	М.: «Академия», 2005.
9	Усынин Ю.С.	Системы управления электроприводов: Учебное пособие	Челябинск: Изд-во ЮУРГУ, 2001
10	Попович М.Г., Ковальчук О.В.	Теорія автоматичного керування.	К.: Либідь, 1997.
11	Козярук А.Е., Рудаков В.В.	Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов	С-Петербург: СПЭК. 2002
12	М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов	Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. Учебник.	М.: Издательский центр «Академия», 2004
13	Півняк Г.Г., Волков А.В.	Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией	Днепропетровск.: НГУ, 2006.
14	Г.Г. Соколовский	Электроприводы переменного тока с частотным регулированием	М.: Академия, 2006
15	Горбань Р.Н., Янукович А.Т. – под. ред.. Гаврилова А.В.	Современный частотно-регулируемый электропривод	С-Петербург, СПЭК. 2001
16	И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков	Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учебное пособие	М.: Издательский центр «Академия», 2004
17	Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов.	Электрические машины	М.: Высшая школа, 1987 г. - 400 с.
18	А. И. Вольдек	Электрические машины.	М.: Энергия, 1978. - 830 с.
19	Б.Ф. Токарев	Электрические машины.	М.: Энергоатомиздат, 1990. -624 с.
20	Б.М. Сергеевков, В.М.Киселев, Н.А.Акимова	Электрические машины.	М.: Высш. шк., 1989.-352 с.
21	Копылов И.П.	Электрические машины.	М.: Энергоатомиздат, 1986.- 360 с.
22	Читечян В.Н.	Электрические машины. Сборник задач.	М.: Высшая школа, 1988. -231 с.
23	Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., Горпинич А.В., Нестерович В.В.	Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий	М.: Энергоатомиздат, 2007. – 296 с.
24	И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.	Управление качеством электроэнергии	М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Підготовка до іспиту здійснюється згідно даної програми самостійно та з використанням поточних консультацій викладачів.

2. Форма вступного фахового випробування – письмова відповідь на тестові завдання та розв'язання задач та прикладів.

3. Екзаменаційна робота вступника оцінюється за шкалою від 100 до 200 балів. Бали між теоретичною та практичною частинами розподіляються як 60 та 40 балів. Для кожної складової завдання встановлюється певний бал оцінювання. Максимальна сума балів за теоретичну та практичну частини завдання повинна складати 100 балів. Підсумкова оцінка підраховується як сума набраних балів за всі відповіді з теоретичної та практичної частин плюс 100 балів.

4. Тривалість вступного фахового випробування – 1,5 астрономічні години

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДІ ВСТУПНИКА НА ВСТУПНИХ ФАХОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ

1. Загальна частина

Екзаменаційна робота вступника оцінюється за шкалою від 100 до 200 балів. Бали між теоретичною та практичною частинами розподіляються як 60 та 40 балів. Для кожної складової завдання встановлюється певний бал оцінювання. Максимальна сума балів за теоретичну та практичну частини завдання складає 100 балів. Підсумкова оцінка підраховується, як сума набраних балів за всі відповіді з теоретичної та практичної частин плюс 100 балів.

2. Оцінювання теоретичних знань у формі тестів

В тестових завданнях передбачено оцінювати знання на розпізнавання, на здатність репродуктивної діяльності.

1-а частина екзаменаційних білетів складається з 20 питань по 3 бали за кожне, всього 60 балів.

Оцінка відповіді: або максимальна – 3 бала, або нуль, оскільки існує тільки один варіант вірної відповіді.

3. Оцінювання практичних завдань у формі тестів

Практичні завдання відповідають третьому рівню складності (рівень продуктивної діяльності). Тести складено таким чином, що для отримання правильної відповіді необхідно визначити хід розв'язання питання і виконати розрахунки.

2-а частина екзаменаційних білетів складається з 4 задач по 10 балів за кожну, всього 40 балів.

Оцінка відповіді: або максимальна – 10 балів, або нуль, оскільки існує тільки один варіант вірної відповіді.

Голова Предметної комісії

В. С. Петрушин