

Інститут енергетики та систем керування

Освітня програма (спеціалізація):

Електромеханічні системи автоматизації та електропривод.

Електричні машини і апарати

(код 141/0108)

Спеціальність:

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код 141)

Галузь знань:

Електрична інженерія

(код 14)

Перелік дисциплін

для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр

- **Електричні апарати**

- **Електричні машини**

- **Теорія електропривода**

- **Теорія автоматичного керування (вибрані розділи 2)**

Дисципліна: Електричні апарати

Розділ 1. Основи теорії ЕА

§ 1. Електричний апарат (ЕА) як засіб керування потоками енергії. Класифікація ЕА за призначенням, за струмом, за напругою

§ 2. Кінематичні і статичні апарати. Основні тенденції розвитку ЕА. Вимоги до ЕА. Умовні позначення ЕА

Розділ 2. Електромагнітні і електромеханічні явища в ЕА

§ 1. Використання електромеханічних пристроїв в ЕА. Магнітні кола електромагнітів постійного струму. Методи розрахунку

§ 2. Магнітні провідності повітряних проміжків. Розрахунок провідностей між паралельними площинами і площинами нахиленими під кутом. Методи розрахунку магнітних провідностей

§ 3. Розрахунок нелінійних магнітних кіл. Загальне рівняння магнітного кола з врахуванням потоків розсіяння і магнітного опору магнітопровода

§ 4. Перетворення енергії в електромагніті. Сила електромагнітного притягання. Тягова характеристика електромагніта. Розрахунок тягової характеристики з врахуванням магнітного опору і потоків розсіяння

§ 5. Магнітні кола електромагнітів змінного струму. Заступна схема. Розрахунок магнітних кіл змінного струму з к.з. витком. Особливості розрахунку тягової характеристики електромагніта змінного струму

§ 6. Узгодження тягової характеристики і характеристики протидіючих пружин. Елементи динаміки електромагніта. Час спрацювання. Методи прискорення і сповільнення спрацювання електромагніта

§ 7. Електродинамічні зусилля в ЕА. Розрахунок електродинамічних зусиль. Електродинамічні зусилля за різних форм струмопроводів

§ 8. Нагрівання ЕА. Джерела теплоти в апаратах. Особливості розрахунку втрат. Нагрівання однорідних елементів в усталеному режимі. Нагрівання апаратів в перехідних режимах роботи. Поняття постійного нагрівання. Короткочасний і повторно-короткочасний режими роботи. Нагрівання струмопроводів у разі коротких замикань. Термічна стійкість апаратів

Розділ 3. Конструкція та принцип дії типових ЕА

§ 1. Електричні контакти. Опір замкнутих контактів. Нагрівання контактів і їх ом-вольтна характеристика. Зварювання контактів. Конструкція контактів. Явища, що супроводжують замикання та розмикання контактів. Геркони

§ 2. Електрична дуга як явище під час комутації електричних кіл. Вольт-амперна характеристика стаціонарної дуги постійного струму. Умови горіння і погасання електричної дуги постійного струму. Електрична дуга в колах змінного струму. Умови запалювання електричної дуги після проходження струму через нуль в колах з активним і індуктивним навантаженням. Дугогасні пристрої ЕА

§ 3. ЕА кінематичної комутації. Електричні апарати розподільчих пристроїв низької напруги. Автоматичні вимикачі. Призначення. Вимоги. Конструкція. Запобіжники. Основні параметри і вимоги. Робота запобіжника за номінального струму і струмах короткого замикання. Вибір запобіжників. Електричні апарати управління електроприводами. Контактори постійного та змінного струму. Конструкція. Вибір контакторів. Магнітні пускачі. Напівпровідникові безконтактні елементи електричних апаратів. Тиристорні пускачі. Недоліки і переваги напівпровідникової і контактної комутації

§ 4. Реле. Класифікація. Основні характеристики. Вимоги. Електромагнітні реле струму і напруги. Конструкція. Вибір реле. Теплові реле. Принцип дії. Конструкція. Індукційні реле. Принцип дії. Конструкція. Електромеханічні реле часу. Основні характеристики. Конструкція. Регулювання витримки часу в реле з електромагнітним сповільненням

§ 5. Магнітні підсилювачі. Теорія і основні співвідношення дросельного магнітного підсилювача. Характеристики керування магнітного підсилювача. Зовнішні зворотні зв'язки. Релейний режим роботи магнітного підсилювача. Магнітний підсилювач з самонасиченням. Двопівперіодні схеми. Характеристика. Коефіцієнт підсилення. Вплив різних чинників на роботу магнітного підсилювача

§ 6. Давачі. Основні характеристики. Контактні і безконтактні давачі

Література

1. Хай М. В. Електричні апарати. Низьковольтна апаратура розподілу, керування та захисту. Загальний курс: підручник / М. В. Хай, М. В. Бурштинський, Б. М. Харчишин. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 480 с.
2. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: Навчальний посібник. – Харків: Точка, 2012. – 340 с.
3. Матвійків М.Д., Когут В.М., Матвійків О.М. Елементна база електронних апаратів: Підручник /. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007. – 428 с.

Дисципліна: Електричні машини

Розділ 1. Загальні положення

- § 1. Електричні машини – перетворювачі енергії.
- § 2. Основні типи електричних машин, їх роль і значення в сучасній техніці і енергетиці.
- § 3. Коротка історія розвитку електричних машин і трансформаторів, електромашинобудування і трансформаторобудування.
- § 4. Матеріали, які застосовуються в електромашинобудуванні. Принцип зворотності електричних машин.

Розділ 2. Машини постійного струму

- § 1. Основні елементи конструкції машин постійного струму. Принцип роботи машин постійного струму.
- § 2. Класифікація якірних обмоток, їх основні характеристики і принципи виконання. Прості і складні петльові і хвильові обмотки.
- § 3. Умови симетрії обмоток якоря. Практичне виконання обмоток. Основні області застосування різних типів обмоток якоря. Електрорушійна сила (ЕРС) обмотки якоря.
- § 4. Магнітне поле в повітряному проміжку машини при неробочому ході. Намагнічувальна сила (НС) повітряного проміжку. НС зубців, осердя якоря, полюсів і ярма статора. Крива намагнічування машини.
- § 5. Магнітне поле машини при навантаженні. Реакція якоря в генераторі. Поперечна і поздовжня магніторушійна сила (МРС) якоря. Реакція якоря в двигуні. Розмагнічувальна сила поперечної реакції якоря.
- § 6. Комутація струму. Значення і суть комутаційного процесу. Прямолінійна комутація. Криволінійна комутація.
- § 7. Основні способи покращення комутації: зміщення щіток з геометричної нейтралі, застосування додаткових полюсів і компенсаційної обмотки, вкорочення кроку обмотки.
- § 8. Втрати і коефіцієнт віддачі машини постійного струму. Генератори постійного струму. Класифікація генераторів за способом збудження. Енергетична діаграма і рівняння електричної рівноваги в генераторі. Електромагнітний момент генератора.
- § 9. Характеристики генераторів. Характеристики генератора з незалежним збудженням: неробочого ходу, навантажувальна, зовнішня і регульовальна.
- § 10. Генератор з паралельним збудженням. Умови його самозбудження і характеристики. Генератор з послідовним збудженням. Генератор зі змішаним збудженням. Паралельна робота генераторів постійного струму.
- § 12. Характеристики двигунів. Пуск в хід і робочі характеристики паралельного двигуна. Регулювання частоти обертання паралельного двигуна реостатом в колі якоря і збудження і зміною напруги мережі. Каскад (система) ГД і ГДМ.
- § 13. Пуск в хід і робочі характеристики послідовного двигуна. Регулювання частоти обертання послідовного двигуна реостатом у колі якоря, шунтуванням обмотки збудження і шунтуванням обмотки якоря. Паралельно-послідовний і послідовно-паралельний двигуни змішаного збудження. Робота двигунів постійного струму в гальмівних режимах

Розділ 3. Трансформатори

- § 1. Визначення і основні типи трансформаторів. Основні конструктивні елементи трансформатора.
- § 2. Рівняння трансформатора з феромагнітним осердям.
- § 3. Зведення обмоток трансформатора до одного числа витків

§ 4. Заступна схема трансформатора. Векторна діаграма трансформатора.
§ 5. Неробочий хід і коротке замикання трансформатора.
§ 6. Зміна напруги трансформатора. Втрати і коефіцієнт віддачі трансформатора.
§ 7. Трифазні трансформатори. Схеми і групи сполучень трифазних двообмоткових трансформаторів.

§ 8. Паралельна робота трансформаторів.
§ 9. Спеціальні типи трансформаторів. Автотрансформатори. Трансформатори для випрямлячів. Зварювальні трансформатори. Трансформатори для регулювання напруги. Пічні трансформатори. Випробувальні трансформатори.

Розділ 4. Загальні питання теорії машин змінного струму

§ 1. Класифікація і загальна характеристика машин змінного струму. Основні елементи конструкції і принцип дії машин змінного струму.

§ 2. Загальна характеристика і класифікація якірних обмоток. Принцип складання схеми якірної обмотки. Одношарові якірні обмотки.

§ 3. Двошарові петлеві якірні обмотки з цілою і дробовою кількістю пазів на полюс і фазу. Двошарові хвильові якірні обмотки з цілою і дробовою кількістю пазів на полюс і фазу.

§ 4. Електрорушійна сила (ЕРС) якірної обмотки машини змінного струму. Магніторушійна сила (МРС) однофазної якірної обмотки.

§ 5. Пульсуюче магнітне поле. МРС трифазної обмотки. Обертове магнітне поле. Властивості третьої гармоніки МРС трифазної обмотки.

Розділ 5. Асинхронні машини

§ 1. Призначення і роль асинхронної машини в народному господарстві. Типи асинхронних машин. Основні режими роботи трифазної асинхронної машини. Основні елементи конструкції трифазного асинхронного двигуна.

§ 2. Явища в асинхронному двигуні при нерухомому роторі і при обертанні ротора під навантаженням. Основні рівняння асинхронного двигуна.

§ 3. Зведення ротора асинхронної машини до її статора. Рівняння зведеного асинхронного двигуна. Заступна схема і векторна діаграма асинхронного двигуна.

§ 4. Неробочий хід і дослід короткого замикання асинхронного двигуна. Енергетична діаграма асинхронного двигуна.

§ 5. Електромагнітний момент асинхронного двигуна. Робочі характеристики асинхронного двигуна.

§ 6. Пуск в хід асинхронних двигунів. Двоклітковий двигун. Глибокопазний двигун.

§ 7. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів зміною ковзання (підведеної напруги і введенням опору в коло фазного ротора), зміною кількості пар полюсів і частоти напруги живлення.

§ 8. Гальмування асинхронної машини (рекуперативне, динамічне і противмиканням). Індукційний регулятор. Фазорегулятор.

§ 9. Однофазний асинхронний двигун. Однофазний двигун з конденсаторним пуском і однофазний конденсаторний двигун. Пуск однофазного двигуна за допомогою короткозамкненої екрануючої обмотки.

Розділ 6. Синхронні машини

§ 1. Основні визначення і типи синхронних машин. Короткий опис основних конструктивних елементів турбогенераторів і гідрогенераторів.

§ 2. Реакція якоря в синхронному генераторі при активному, індуктивному і ємнісному навантаженнях. Реакція якоря при змішаному навантаженні. Реакція якоря в однофазній синхронній машині.

§ 3. Векторна діаграма неявно полюсного генератора з врахуванням і без врахування насичення (діаграма Пот'є). Векторна діаграма явно полюсного генератора з врахуванням і без врахування насичення (діаграма Blondеля).

§ 4. Характеристики синхронних генераторів. Відношення короткого замикання. Визначення параметрів обмотки статора за характеристиками.

§ 5. Умови вмикання синхронних генераторів на паралельну роботу. Вмикання по методу самосинхронізації. Електромагнітна і синхронізуюча потужність генератора. Перевантажувальна здатність синхронного генератора. Поняття про статичну і динамічну стійкість. Кутіві і U – подібні

характеристики.

§ 6. Синхронні двигуни. Конструктивні особливості синхронного двигуна. Векторні діаграми синхронного двигуна.

§ 7. Електромагнітна потужність, синхронізуюча потужність і перевантажувальна здатність двигуна. U–подібні характеристики.

§ 8. Робочі характеристики синхронного двигуна. Втрати і коефіцієнт віддачі синхронних машин. Асинхронний пуск синхронних двигунів.

§ 9. Реактивний синхронний двигун. Синхронний компенсатор. Вентильний двигун.

Література

1. Яцун М.А. Електричні машини : навч. посіб. / М.А. Яцун. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2001. – 428 с.

Дисципліна: Теорія електропривода

Розділ 1. Механіка електроприводу

§ 1. Електропривід як складова частина електромеханічної системи автоматичного керування.

§ 2. Кінематичні та розрахункові схеми механічної частини електроприводу. Рівняння руху і режими роботи електроприводу. Зведення зусиль, моментів та інерційностей до однієї осі. Усталені та перехідні режими.

§ 3. Одно- та багатомасові розрахункові моделі електроприводу. Складання рівнянь для математичного опису їх поведінки.

§ 4. Аналіз динамічних властивостей механічної частини електроприводу з пружними механічними зв'язками та з люфтами.

Розділ 2. Електромеханічні властивості і характеристики електродвигунів

§ 1. Узагальнена електрична машина. Рівняння електричної рівноваги. Рівняння моменту. Електромеханічний зв'язок електроприводу. Узагальнена структурна схема.

§ 2. Електромеханічні властивості електродвигунів постійного струму з незалежним, послідовним та змішаним збудженням.

§ 3. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в асинхронному двигуні. Статичні характеристики і режими роботи асинхронних двигунів.

§ 4. Електромеханічні властивості синхронних двигунів.

§ 5. Електромеханічні властивості крокового двигуна.

§ 6. Вентильний електродвигун.

Розділ 3. Динаміка розімкнутих електромеханічних систем

§ 1. Узагальнена електромеханічна система з лінійною механічною характеристикою, її динамічні властивості

§ 2. Динамічні властивості електромеханічної системи з пружними зв'язками.

§ 3. Аналіз електромеханічних перехідних процесів при стрибкоподібній зміні задавальної та збурювальної дії

§ 4. Розрахунок електромеханічних перехідних процесів в електроприводах з нелінійними механічними характеристиками (двигуни постійного струму послідовного збудження, асинхронні двигуни).

Розділ 4. Регулювання координат в системах електроприводів

§ 1. Показники регулювання координат.

§ 2. Електромеханічні властивості електроприводів в системах керований перетворювач-двигун (системи Г-Д, ТП-Д, ШП-Д). Варіанти схем, їх робота та механічні характеристики. Принципи регулювання координат. Однозонне та двозонне регулювання.

§ 3. Електромеханічні властивості асинхронних електроприводів при частотному регулюванні швидкості. Варіанти схем, їх робота. Механічні характеристики. Принципи регулювання координат.

§ 4. Електромеханічні властивості асинхронних двигунів з фазним ротором в каскадних схемах. Варіанти схем та показники регулювання.

Розділ 5. Формування оптимальних перехідних процесів в системах електроприводів

§ 1. Основні завдання та показники керування.

§ 2. Формування оптимальних за швидкодією перехідних процесів в системах керований

перетворювач напруги-двигун при лінійній зміні задавального сигналу.

§ 3. Регулювання координат асинхронних двигунів при частотному керуванні. Векторні методи регулювання координат асинхронних двигунів.

§ 4. Регулювання моменту синхронних двигунів.

§ 5. Типові структури електроприводів при оптимізації перехідних процесів швидкості та моменту. Стандартні налаштування контурів (підсистем) керування.

Розділ 6. Регулювання положення (позиціонування)

§ 1. Точне позиціонування. Автоматичне відпрацювання дозованих переміщень.

§ 2. Слідкуючі електроприводи. Програмне керування.

Розділ 7. Взаємозв'язані електроприводи

§ 1. Багатодвигунний електропривід. Методи вирівнювання навантажень. Формування жорстких механічних характеристик на „повзучих” швидкостях

§ 2. Електричний вал.

§ 3. Поняття про зв'язане регулювання. Технологічно зв'язані електроприводи.

Розділ 8. Енергетика електроприводу і основи вибору потужності та конструктивного виконання електродвигуна

§ 1. Втрати енергії в електроприводах. Рівняння теплового балансу. Теплові перехідні процеси. Режими роботи електроприводів.

§ 2. Навантажувальні діаграми електроприводів. Маховиковий електропривід. Методи еквівалентування режимів за нагріванням

§ 3. Вибір двигунів за нагріванням, допустимим перевантаженням. Врахування кліматичних особливостей, агресивності середовища, конструкції механізму.

Література

1. Теорія електропривода / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін. – К. : Вища шк., 1993. – 494 с.
2. Піцан Р.М. Збірник задач до курсу «Електропривід» : навч. посіб. / Р.М. Піцан, В.Т. Бардачевський, Б.Г. Бойчук. – Львів : вид-во ДУ «Львівська політехніка», 1999.
3. Буртний В.В. Тиристорний електропривід постійного струму / В.В. Буртний, Л.Ф. Карплюк, Б.Я. Панченко. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007 – 128 с.

Дисципліна: Теорія автоматичного керування (вибрані розділи 2)

Розділ 1. Основні поняття автоматичного керування

§ 1. Принципи побудови систем автоматичного керування.

§ 2. Керування за збуренням, за відхиленням і комбіноване керування.

§ 3. Класифікація систем автоматичного керування. Неперервні і дискретні системи керування. Детерміновані і недетерміновані системи керування. Лінійні і нелінійні системи керування

Розділ 2. Статика систем автоматичного керування

§ 1. Поняття статичної точності регулювання Коефіцієнт статичної похибки та його зв'язок з коефіцієнтом підсилення системи і статичними похибками окремих елементів системи

§ 2. Астатизм системи. Визначення статичних похибок окремих елементів системи

§ 3. (С) Діапазон регулювання та його зв'язок з коефіцієнтом підсилення системи

Розділ 3. Диференційні рівняння, передавальні функції та частотні характеристики лінійних систем керування

§ 1. Елементарні ланки систем автоматичного керування та метод лінеаризації їх диференціальних рівнянь

§ 2. Передавальні функції та частотні характеристики елементарних ланок

§ 3. Способи з'єднання ланок, перетворення структурних схем систем керування та знаходження їх передавальних функцій і диференціальних рівнянь

§ 4. Фізичний зміст і експериментальне визначення частотних характеристик ланок і систем.

Розділ 4. Стійкість систем автоматичного керування

§ 1. Поняття стійкості, теорема Ляпунова. Необхідна умова стійкості.

§ 2. Алгебраїчні критерії стійкості: критерій Рауса і критерій Гурвіца.

§ 3. Частотні критерії стійкості: Критерій Михайлова, критерій Найквіста.

§ 4. Використання логарифмічних частотних характеристик для дослідження стійкості.

§ 5. Виділення областей з однаковим розподілом коренів характеристичного рівняння. D-розбиття за одним і за двома параметрами.

Розділ 5. Якість систем автоматичного керування

§ 1. Показники якості системи. Прямі методи дослідження якості: за передавальною функцією системи з допомогою інтеграла Бромвіча, за дійсною частотною характеристикою системи.

§ 2. Непрямі методи дослідження якості: інтегральний метод, метод кореневих годографів.

§ 3. Поняття про корегування систем автоматичного керування.

Розділ 6. Випадкові процеси в лінійних системах

§ 1. Основні поняття і визначення випадкових процесів.

§ 2. Кореляційна функція, спектральна густина і зв'язок між ними.

§ 3. Визначення середньоквадратичної помилки керування за спектральною густиною.

Розділ 7. Імпульсні системи автоматичного керування

§ 1. Визначення імпульсної системи автоматичного керування, класифікація імпульсних систем.

§ 2. Метод Z-перетворення при дослідженні імпульсних систем керування.

§ 3. Імпульсна передавальна функція розімкненої та замкненої системи.

§ 4. Аналіз стійкості імпульсних систем автоматичного керування.

§ 5. Аналіз якості імпульсних систем автоматичного керування.

Розділ 8. Цифрові системи автоматичного керування

§ 1. Визначення цифрової системи автоматичного керування. Структурні схеми цифрових систем автоматичного керування.

§ 2. Передавальна функція цифрової системи.

§ 3. Дослідження стійкості і якості в цифрових системах автоматичного керування.

Розділ 9. Нелінійні системи автоматичного керування

§ 1. Визначення нелінійної системи автоматичного керування. Види нелінійних систем автоматичного керування.

§ 2. Дослідження динаміки нелінійних систем автоматичного керування: метод фазової площини, метод гармонічної лінеаризації.

§ 3. Критерій В.М. Попова абсолютної стійкості нелінійної системи автоматичного керування.

Розділ 10. Екстремальні системи автоматичного керування

§ 1. Визначення екстремальних та оптимальних систем автоматичного керування. Екстремальні системи автоматичного керування з принципом керування за збуренням та за відхиленням.

§ 2. Пошукові системи екстремального керування.

§ 3. Критерії оптимального керування.

§ 4. Оптимальні за швидкодією системи автоматичного керування.

Література

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування.- К: Либідь, 1997. – 544 с.
2. Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним коригуванням. Навч. посібник.- Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2005. – 208 с.
3. Лозинський О.Ю., Лозинський А.О., Марущак Я.Ю., Паранчук Я.С., Цяпа В.Б. Синтез лінійних оптимальних динамічних систем. Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 410 с.
4. Теорія автоматичного керування: навч. посібник / Г. Крих, Ф. Матіко. – Львів: СПОЛОМ, 2017. – 165 с.
5. Теорія автоматичного керування / П.Ф. Гоголюк., Т.М. Гречин. – Вид-во: Львівської політехніки, 2012. - 280 с.