

1.4. Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Уравнения динамических и статических характеристик и режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Понятия жесткости и статизма статической механической характеристики. Естественная и искусственные (регулируемые) характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Влияние добавочного сопротивления в якорной цепи на статические характеристики. Уравнения характеристик в относительных единицах. Статические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при различных значениях потока и напряжения, подводимого к якору (система Г-Д), в схеме с шунтированием якоря. Динамическое торможение двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Статические характеристики двигателя при динамическом торможении.

1.5. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения в операторной форме. Структурная схема электропривода. Определение параметров структурной схемы. Структурная схема электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения при $\Phi = \text{const}$. Динамические свойства электропривода. Переходные и импульсные функции при различных соотношениях постоянных времени T_m и T_α . Влияние упругости на динамические свойства системы.

1.6. Схема включения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем последовательного возбуждения. Статические характеристики. Режимы работы в естественной схеме включения. Регулируемые характеристики электропривода с двигателем последовательного возбуждения. Расчет и построение статических характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения для различных значений добавочного сопротивления в якорной цепи и при изменении питающего напряжения. Характеристики в схеме с шунтированием обмотки возбуждения, с шунтированием якоря. Динамическое торможение с самовозбуждением двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Условия самовозбуждения. Динамическое торможение с независимым возбуждением. Схема включения, уравнения динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока смешанного возбуждения, статические характеристики и режимы работы электропривода.

1.7. Математическое описание динамических процессов в асинхронном электроприводе. Представление токов, напряжений, потокосцеплений трехфазной машины в векторной форме. Двухфазная обобщенная электрическая машина. Преобразование переменных статора и ротора к общей ортогональной системе координат u, v , вращающейся с произвольной скоростью ω_k . Уравнения электрического равновесия для статорной и роторной обмоток в системе координат u, v . Физический смысл координатных преобразований. Выбор скорости вращения координатных осей ω_k . Потребляемая мощность и электромагнитный момент трехфазного асинхронного двигателя. Выражение для электромагнитного момента двигателя. Уравнения, описывающие динамические процессы в асинхронном электроприводе.

1.8. Схема включения и уравнения динамических процессов асинхронного электропривода в осях x, y . Уравнения для статического режима. Векторная диаграмма и схемы замещения асинхронного двигателя. Естественная механическая и электромеханические характеристики асинхронного двигателя, получаемые на основе Г-образной схемы замещения. Режимы работы асинхронного двигателя. Динамическое торможение с независимым возбуждением асинхронного двигателя. Влияние насыщения магнитной цепи на механические характеристики двигателя. Режим динамического торможения со смешанным возбуждением. Регулируемые (искусственные) характеристики асинхронного электропривода при симметричном включении активного или индуктивного сопротивления в роторную или статорную цепь, при изменении питающего напряжения.

1.9. Схема включения и принцип работы асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора. Асинхронный электропривод с импульсным регулятором и рекуперацией энергии скольжения в сеть. Расчет статических механических

характеристик при импульсном управлении в цепи выпрямленного тока ротора. Расчет характеристик асинхронного электропривода в режиме динамического торможения со смешанным возбуждением. Каскадные схемы асинхронных электроприводов. Асинхронный вентильно-машинный электрический каскад, асинхронно-вентильный каскад, асинхронный вентильно-машинный электромеханический каскад. Схемы включения, принцип работы, механические характеристики. Расчет механических характеристик каскадных асинхронных электроприводов.

1.10. Электропривод с многоскоростными асинхронными двигателями. Принцип работы, механические характеристики, допустимая нагрузка при работе на различных характеристиках. Асинхронный электропривод с частотным управлением. Механические характеристики при различных законах частотного регулирования. Динамические процессы в асинхронном электроприводе. Уравнения и структурная схема асинхронного электропривода при линеаризованной динамической механической характеристике двигателя. Динамические свойства асинхронного электропривода при работе на рабочем участке механической характеристики.

1.11. Электромеханические свойства электропривода с синхронным двигателем. Схема включения, пусковая, статическая и динамическая механические характеристики синхронного двигателя. Уравнения в осях d, q , описывающие динамические процессы в синхронном электроприводе. Угловая характеристика синхронного двигателя. Приближенное уравнение динамической механической характеристики. Структурная схема синхронного электропривода. Влияние тока возбуждения на максимальный момент и коэффициент мощности двигателя.

1.12. Электромеханические переходные процессы разомкнутой системы электропривода. Общие уравнения электромеханических переходных процессов в электроприводе с линейной механической характеристикой двигателя при $c_{12}=\infty$, $M_c=\text{const}$ и скачкообразном изменении управляющего или возмущающего воздействия. Переходные процессы на естественной характеристике при набросе и сбросе нагрузки M_c скачком. Переходный процесс пуска двигателя по реостатной характеристике. Переходные процессы при ступенчатом реостатном пуске двигателя с линейной механической характеристикой. Расчет и построение пусковой диаграммы и графиков переходных процессов. Переходные процессы при реверсе и динамическом торможении с активным и реактивным моментом на валу двигателя с линейной механической характеристикой.

1.13. Электромеханические переходные процессы в электроприводе при $c_{12}=\infty$, $M_c=\text{const}$ и линейном изменении ω_b в функции времени. Уравнения и их решения. Переходные процессы пуска с реактивным и активным моментом на валу двигателя при линейном изменении ω_b в функции времени. Переходные процессы реверса с активным моментом на валу двигателя при линейном изменении ω_b в функции времени. Электромеханические переходные процессы электропривода при экспоненциальном изменении $\omega_b=f(t)$ (система Г-Д). Допущения, принимаемые при аналитическом рассмотрении переходных процессов. Переходные процессы пуска электропривода по системе Г-Д при активном и реактивном M_c . Особенности переходных процессов электропривода с асинхронным короткозамкнутым двигателем.

1.14. Показатели, характеризующие работу электропривода с энергетической точки зрения. Потребляемая мощность, КПД и потери при работе двигателя на естественной характеристике с постоянной нагрузкой. Определение потерь при работе двигателя на естественной характеристике с переменной нагрузкой методом эквивалентных величин. Условия применимости различных вариантов метода. Потери при работе двигателей на регулировочных характеристиках.

1.15. Потери и КПД в регулируемом электроприводе. Зависимость их от характера изменения статического момента от скорости. Интегральный КПД за производственный цикл.

Потери и расход энергии в переходных режимах двигателей постоянного тока. Потери и расход энергии в переходных режимах асин-

хронных двигателей. Способы снижения потерь в переходных режимах. Коэффициент мощности и потребление реактивной энергии асинхронными и синхронными двигателями трехфазного тока. Определение коэффициента мощности за цикл работы. Коэффициент мощности электропривода по системе ТП-Д.

Лабораторные работы:

- 2.1. Работа №1 «Характеристики электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения».
- 2.2. Работа №2 «Характеристики электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения».
- 2.3. Работа №3 «Характеристики электропривода с асинхронным двигателем».
- 2.4. Работа №4 «Характеристики электропривода с асинхронным двигателем в несимметричных режимах и при изменении напряжения питания».
- 2.5. Работа №5 «Характеристики электропривода с асинхронным многоскоростным двигателем».
- 2.6. Работа №6 «Характеристики асинхронного электропривода при частотном управлении».
- 2.7. Работа №7 «Характеристики асинхронного электропривода с асинхронно-вентильным каскадом».
- 2.8. Защита лабораторных работ №1-№7.

Практические занятия:

- 3.1. Составление для кинематической схемы расчетной схемы с приведением параметров элементов, сил и моментов к скорости двигателя.
- 3.2. Составление по расчетной схеме двухмассовой механической части электропривода структурной схемы и определение передаточной функции. Расчет и построение амплитудно-частотной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристики.
- 3.3. Определение динамического коэффициента нагрузки передач при пуске с заданным ускорением электропривода с двухмассовой механической частью и зазором в кинематической цепи.
- 3.4. Расчет и построение естественных и регулировочных электромеханических $\omega=f(I)$ и механических $\omega=f(M)$ статических характеристик для двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
- 3.5. Расчет и построение искусственных характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения в режиме динамического торможения с самовозбуждением при $R_{доб}$ в якорной цепи и его отсутствии.
- 3.6. Расчет и построение естественных статических характеристик $\omega(I_2)$ и $\omega(M)$ для трехфазного асинхронного двигателя.
- 3.7. Расчет для двигателя с линейной механической характеристикой переходный процесс при скачкообразном приложении (снятии) нагрузки с учетом электромагнитной инерции и построение графиков $\omega(t)$, $M(t)$ и динамической характеристики $\omega(M)$.
- 3.8. Определение номинальных потерь и коэффициента потерь α для двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Расчетно-графическая работа предусматривает выполнение трех задач по темам:

1. Механика электропривода.
2. Электропривод с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.
3. Электропривод с асинхронным двигателем.

Год начала подготовки (по учебному плану)

2026

Образовательный стандарт (СУОС)

от 20.12.2023