

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Матвеев Александр Сергеевич
Должность: И.о. начальника учебно-методического управления
Дата подписания: 13.12.2023 15:58:15
Уникальный программный ключ:
49d49750726343ab6ca123d926262c50745c

Приложение к ППССЗ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине
ОП.09 «Электрические машины и электроприводы»

**специальность: 15.02.10 Мехатроника и
мобильная робототехника (по отраслям)**

форма обучения: очная

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению лабораторных работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины ОП.09 «Электрические машины и электроприводы» разработанной на основе ФГОС СПО (ред. от 17.12.2020) по специальности 15.02.10 «Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)» и соответствующих профессиональных (ПК) компетенций:

ПК 1.4. Выполнять работы по наладке компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией

ПК 2.1. Осуществлять техническое обслуживание компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать**:

- последовательность пуско-наладочных работ мехатронных систем;
- технологию проведения пуско-наладочных работ мехатронных систем
- понятие, цель и виды технического обслуживания;
- технологическую последовательность разборки, ремонта и сборки узлов и механизмов мехатронных систем

При выполнении лабораторных работ студент должен **уметь**:

- производить пуско-наладочные работы мехатронных систем
- заполнять маршрутно-технологическую документацию на обслуживание отраслевого оборудования мехатронных систем

Содержание лабораторных занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём лабораторных занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность лабораторного занятия - 2 академических часа. Перед проведением лабораторного занятия преподавателем организуется инструктаж, а по его окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению лабораторных работ дисциплины ОП.09 «Электрические машины и электроприводы» содержит 4 лабораторных занятий.

**Перечень лабораторных работ
по дисциплине ОП.09 «Электрические машины и электроприводы»**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Исследование трансформатора методом холостого хода и короткого замыкания

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Исследование трёхфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки Исследование трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором методом холостого хода и короткого замыкания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Исследование трёхфазного синхронного генератора

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения.
Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Исследование трансформатора методом холостого хода и короткого замыкания

Цель: Освоить методику испытания трехфазной трансформаторной группы в режимах холостого хода и короткого замыкания.

Оборудование: Трансформатор, вольтметр

Справочный материал

Ватаев, А. С. Основы электротехники. Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие для СПО / А. С. Ватаев, Г. А. Давидчук, А. М. Лебедев. — Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-4488-0870-8, 978-5-4497-0629-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL:

<https://profspo.ru/books/96967>

Угольников, А. В. Электрические машины : учебно-методическое пособие для СПО / А. В. Угольников. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 157 с. — ISBN 978-5-4488-0267-6, 978-5-4497-0026-1. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL:

<https://profspo.ru/books/82688>

1. Метод холостого хода

Испытать трансформатор в режиме холостого хода. Собрать схему для проведения опыта холостого хода согласно. Опыт холостого хода проводится при подведенном к первичной обмотке номинальном напряжении и разомкнутой вторичной обмотке, при соединении обмоток по схеме Y/Y. Током вольтметра в цепи вторичной обмотки пренебрегают, в виду его малости. Измерения производятся для каждой из фаз трансформатора.

2. Опыта короткого замыкания

Опыт короткого замыкания КЗ производится при замкнутой накоротко вторичной обмотке трансформатора. Допускается так же закорачивать вторичную обмотку через амперметр с бесконечно малым сопротивлением. Опыты проводятся для каждой из фаз.

Контрольные вопросы

1. Как называют опыт трансформатора при разомкнутой вторичной обмотки?
2. Какие схемы замещения определяют методом ХХ?
3. Потери при опыте короткого замыкания рассчитываются?
4. При опыте короткого замыкания номинальные токи в обмотках возникают?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Исследование трёхфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки.

Цель: изучить конструкцию трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, усвоить приемы опытной проверки обозначений выводов обмотки статора и экспериментального исследования асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки.

Изучить режимы работы трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором.

Оборудование: Асинхронный двигатель

Справочный материал

1. Смирнов.Ю.А ДетистовВ.А Автомобильная электроника и электрооборудование системы 2021г <https://e.lanbook.com/reader/book/180782/#1>

2. Сафиулин Р.Н Резниченко В.В Керимов М.А Электротехника и электрооборудование транспортных средств 2019 г <https://e.lanbook.com/reader/book/111894/#76>

Порядок выполнения работы и содержание отчета

Ознакомиться с конструкцией двигателя и устройством для его нагрузки; записать паспортные данные двигателя и данные измерительных приборов и регулировочных устройств.

Экспериментально проверить обозначение выводов обмотки статора.

Собрать схему и после проверки ее преподавателем произвести пробный пуск и реверсирование двигателя.

Снять данные и построить рабочие характеристики двигателя.

Составить отчет и сделать заключение о проделанной работе.

Пуск АДФР обычно осуществляют с помощью ступенчатого реостата, управляемого контакторами. В ряде случаев пуск АДФР можно осуществлять путём включения его в сеть при замкнутой накоротко цепи ротора. Последний способ будем использовать в исследовательском стенде. Опыт холостого хода АДФР заключается в снятии его характеристик при работе без нагрузки на валу. Характеристики холостого хода представляют собой графически изображённые зависимости тока статора I_{10} , потребляемой мощности P_{10} и коэффициента мощности $\cos\phi_{10}$ от подведённого к обмотке статора напряжения U_1 при постоянной частоте сети f_1 I_{10} , P_{10} , $\cos\phi_{10} = f(U_1)$ при $f_1 = \text{const}$. Опыт холостого хода осуществляем по схемам Производим пуск АДФР в следующей последовательности: включаем питание стенда и с помощью напольного индукционного регулятора (ИР), устанавливаем пониженное напряжение питания АДФР, контролируя его по вольтметру $PV1$ в модуле ИР ($U_{1Н} = 220 \text{ В}$); подключаем кнопкой $SB1$ напряжение ИР к обмотке статора АДФР; контролируем по цифровому тахометру в модуле «АДФР – ДПТ» вращение вала АДФР; устанавливаем напряжение ИР близкое к $1,25U_{1Н} \approx 275 \text{ В}$ Приложенное к статору АДФР напряжение с помощью ИР изменяем в сторону уменьшения в пределах $(1,25 \dots 0,25) U_{1Н}$. Для определения скольжения в данном опыте используем тахометр и стробоскопический способ

Опыт короткого замыкания АДФР заключается в снятии его характеристик при неподвижном и замкнутом накоротко роторе. Характеристики короткого замыкания представляют собой графически изображённые зависимости тока статора $I_{1К}$, потребляемой мощности $P_{1К}$, и коэффициент λ та мощности $\cos\phi_{1К}$ от напряжения $U_{1К}$ при неподвижном и замкнутом накоротко роторе $I_{1К}$, $P_{1К}$, $\cos\phi_{1К} = f(U_{1К})$ при $f_1 = \text{const}$. Опыт короткого замыкания осуществляем по той же схеме, что и опыт холостого хода, но при соответствующем изменении пределов измерений приборов. Ротор АДФР при помощи тормозного устройства (тормозного штыря) фиксируем в неподвижное положение. Установка тормозного устройства перед включением АДФР должна быть обязательно проверена преподавателем. Производим опыт короткого замыкания в следующей последовательности: включаем питание стенда и с помощью напольного ИР устанавливаем пониженное напряжение ($U_{1Н} = 220 \text{ В}$) питания АДФР, контролируя его

по вольтметру «PV1» в модуле «Индукционный регулятор»; подключаем кнопкой SB1 напряжение ИР к обмотке статора АДФР; изменяем приложенное к статору АДФР напряжение U_{1K} с помощью ИР в пределах, при которых ток статора изменяется в диапазоне $(1,25 \dots 0,25)I_{1H}$, причём изменение напряжения производим в сторону уменьшения тока. Во избежание значительного изменения температуры обмоток машины опыт следует проводить быстро, начиная его с наибольшего тока короткого замыкания

Контрольные вопросы

1. На чем основан принцип действия асинхронного двигателя?
2. Что такое реверсирование и как его осуществить в трехфазном асинхронном двигателе?
3. В чем сущность метода непосредственной нагрузки при исследовании асинхронного двигателя?
4. Какие характеристики асинхронного двигателя называют рабочими?
5. Что такое скольжение асинхронной машины (АМ)? В каких пределах изменяется скольжение асинхронной машины, работающей в режиме двигателя?
6. Как определяются параметры короткого замыкания АД?
7. Каков диапазон значений тока холостого хода АД в % от номинального тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Исследование трёхфазного синхронного генератора

Цель: практически ознакомиться с устройством и работой генератора переменного тока, научиться снимать его основные характеристики.

Оборудование: Синхронный генератор, вольтметр, амперметр

Справочный материал

1. Смирнов.Ю.А ДетистовВ.А Автомобильная электроника и электрооборудование системы 2021г <https://e.lanbook.com/reader/book/180782/#1>

2. Сафиулин Р.Н Резниченко В.В Керимов М.А Электротехника и электрооборудование транспортных средств 2019 г <https://e.lanbook.com/reader/book/111894/#76>

Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Ознакомиться с приборами и машинами необходимыми для выполнения работы и записать технические данные приборов и генератора.
2. Собрать схему и показать ее руководителю.
3. Для снятия характеристики холостого хода выключить нагрузку на ламповом реостате и ввести полностью ползунковый реостат, включить кнопкой асинхронный двигатель.
4. Изменять ток возбуждения I_B от 0 до 2 А через 0,4 А ползунковым реостатом и при этом измерять величину ЭДС E по вольтметру.
5. Полученные данные занести в таблицу:
- 6.

7. Для снятия регулировочной характеристики установить напряжение $U=100$ В и поддерживать его неизменным с помощью ползункового реостата.
8. Изменять нагрузку от 0 до номинальной I_N , включая по одной группе ламп тумблерами и измеряя при этом I и I_B .
9. Полученные данные занести в таблицу
- 10.
11. Для снятия внешней характеристики выключить нагрузку, установить напряжение $U=100$ В, измерить ток возбуждения I_B и поддерживать этот ток неизменным при помощи ползункового реостата.
12. Измерять нагрузку от 0 до номинальной, включая по одной группе ламп и измеряя при этом I и U .
13. Выключить ток и остановить двигатель.
14. Вычислить для каждого опыта ΔU , P по формулам:
15. $\Delta U = [(U_0 - U) / U_0] \cdot 100\%$, где $U_0=100$ В
16. $P=I \cdot U$;
17. Полученные данные занести в таблицу:
- 18.
19. Выбрать соответствующий масштаб и построить по полученным данным три характеристики:
20. $E=f(I_B)$ при $I_A=0$ и $n=const$;
21. $I_B=f(I)$ при $U=const$ и $n=const$;
22. $U=f(I)$ при $I_B=const$ и $n=const$.
23. Собрать схему и показать ее руководителю.
24. Для снятия характеристики холостого хода выключить нагрузку на ламповом реостате и ввести полностью ползунковый реостат, включить кнопкой асинхронный двигатель.
25. Изменять ток возбуждения I_B от 0 до 2 А через 0,4 А ползунковым реостатом и при этом измерять величину ЭДС E по вольтметру.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы синхронных машин?
2. Устройство полюсных генераторов?
3. Применение генераторов переменного тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения.
Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.

Цель: исследовать рабочие свойства генераторов постоянного тока.

Оборудование: Двигатель постоянного тока, генератор

Справочный материал

1. Смирнов.Ю.А ДетистовВ.А Автомобильная электроника и электрооборудование системы 2021г <https://e.lanbook.com/reader/book/180782/#1>

2. Сафиулин Р.Н Резниченко В.В Керимов М.А Электротехника и электрооборудование транспортных средств 2019 г <https://e.lanbook.com/reader/book/111894/#76>

Порядок выполнения работы и содержание отчета

Изучить схему для экспериментального исследования генератора постоянного тока (ГПТ), состав и назначение модулей, используемых в работе.

Собрать схему для проведения каждого опыта и провести пробное включение под контролем преподавателя.

Снять внешнюю характеристику ГПТ параллельного возбуждения (с самовозбуждением) $U_{\text{я}} = f(I_{\text{я}})$ при регулировочном сопротивлении в цепи

Снять характеристику холостого хода ГПТ независимого возбуждения $U_{\text{я}} = f(i_{\text{в}})$ при $I_{\text{я}} = 0$ и $n = \text{const}$.

Снять внешнюю характеристику ГПТ независимого возбуждения при $I_{\text{я}} = \text{const}$.

Снять регулировочную характеристику ГПТ независимого возбуждения $i_{\text{в}} = f(I_{\text{я}})$ при $U_{\text{я}} = \text{const}$.

Обработать результаты экспериментов и оформить отчет по работе.

Пуск двигателя необходимо осуществлять при пониженном напряжении. Схема стенда позволяет ограничивать пусковой ток только уменьшением напряжения. Поэтому, включив рубильник Π_1 , необходимо нажать кнопку ПК_1 , установить по вольтметру V_1 регулятором РНО напряжение, примерно в пять раз меньше номинального. Затем включить кнопку ПК_2 и, вращая регулятор РНО, разогнать двигатель до желаемой скорости. Необходимо помнить, что пуск двигателя последовательного возбуждения в режиме холостого хода, т.е. без нагрузки, не допустим. Поэтому перед пуском необходимо установить нагрузку на валу двигателя $P_2 = 0,25 P_{\text{н}}$, т.е. нельзя осуществлять пуск двигателя при отключенном тормозе

При снятии рабочих характеристик необходимо после пуска двигателя установить регулятором напряжения РНО номинальное напряжение двигателя, которое измеряется вольтметром V_1 .

Изменяя потенциометром R в цепи ЭМТ ток возбуждения в ОВТ, изменяют величину тормозного момента на валу двигателя. Рекомендуется производить 5-7 измерений при различных значениях нагрузки. Для каждого нагрузочного момента необходимо замерить скорость вращения n по тахометру; ток якоря I по амперметру A_1 и момент M по шкале ЭМТ. Напряжение в течение опыта поддерживают постоянным при помощи регулятора РНО.

Механическая характеристика при $I_{\text{в}} = I_{\text{вн}}$ строится на основании экспериментальных данных рабочих характеристик. Снятие механической характеристики при $I_{\text{в}} = 0,75 I_{\text{вн}}$ производится при помощи реостата $R_{\text{шв}}$, который подключается выключателем B_1 . Ток

возбуждения измеряют по амперметру A_2 , ток якоря по амперметру A_1 , частоту вращения по тахометру n . Напряжение в течение опыта поддерживают постоянным.

Снятие регулировочных характеристик производится с использованием шунтирующих сопротивлений $R_{шв}$ и $R_{шя}$. Шунтирование обмотки возбуждения реостатом $R_{шв}$ осуществляется включением выключателя B_1 . При этом изменяют момент нагрузки двигателя при помощи ЭМТ и одновременно ток возбуждения таким образом, чтобы скорость вращения оставалась постоянной и равной n_H . Напряжение поддерживают постоянным регулятором РНО. в процессе исследования необходимо замерить ток возбуждения по амперметру A_2 , ток якоря по амперметру A_1 .

Аналогично производится исследование двигателя при шунтировании обмотки якоря реостатом $R_{шя}$, который подключается при помощи выключателя B_2 , при отключенном B_1 . При этом ток возбуждения измеряется амперметром A_1 , а ток якоря - амперметром A_3 .

Контрольные вопросы

1. Какие способы возбуждения применяют в генераторах постоянного тока?
2. Дайте определение основным характеристикам генератора: холостого хода, нагрузочной, внешней и регулировочной. При каких условиях снимают данные для построения каждой из них?
3. Какими исходными данными необходимо располагать для построения характеристического треугольника?
4. Почему нагрузочная характеристика располагается ниже характеристики холостого хода?
5. Почему ветви регулировочной характеристики, снятые при намагничивании и размагничивании генератора, не совпадают? Какая из них располагается выше?

Информационное обеспечение обучения

Основные литература:

1. Силаев, Г. В. Электропривод и мобильные энергетические средства : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. В. Силаев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 370 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08921-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>
2. Гидравлика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов ; под редакцией В. А. Кудинова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 386 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10336-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>
3. Шелякин, В. П. Электрический привод: краткий курс : учебник для среднего профессионального образования / В. П. Шелякин, Ю. М. Фролов ; под редакцией Ю. М. Фролова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 253 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00098-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

Дополнительные источники:

1. Бекишев, Р. Ф. Электропривод : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00514-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>
2. Основы электротехники, микроэлектроники и управления : учебное пособие для среднего профессионального образования / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 607 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17340-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

Учебно-методические материалы:

1. Методические указания к практическим/лабораторным работам (Электронный ресурс) / Коровин Ю.И., Горохов Д.В., – Москва: РГАУ-МСХА, 2021 – ЭБС – «РГАУ-МСХА»

Интернет – ресурсы

1. Электронно-библиотечная система РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (далее ЭБС) сайт www.library.timacad.ru
2. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - <https://cyberleninka.ru/>
3. Сетевая электронная библиотека аграрных вузов - <https://e.lanbook.com/books>