

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального
образования**

**«Самарский государственный университет путей сообщения»
филиал СамГУПС в г. Саратове**

**Методические указания по проведению лабораторных и
практических работ**

**для студентов специальности 23.02.06 «Техническая эксплуатация
подвижного состава железных дорог»**

**по теме 1.3 «Электрические машины ЭПС»
(МДК 01.01. Конструкция, техническое обслуживание и ремонт
подвижного состава; ПМ 01. Эксплуатация и техническое
обслуживание подвижного состава)**

**по теме 1.4 «Электрические машины тепловозов и дизель-поездов»
(МДК 01.01. Конструкция, техническое обслуживание и ремонт
подвижного состава; ПМ 01. Эксплуатация и техническое
обслуживание подвижного состава)**

Саратов 2022

ОДОБРЕНО

на заседании ЦМК

« Техническая эксплуатация
подвижного состава железных
дорог»

Протокол № ____ от «__» _____ 20__
г.

Председатель

_____ / Д.К. Гусев /

Методические указания по
лабораторным работам
разработаны в соответствии с
требованиями ФГОС по
специальности **23.02.06**

Техническая эксплуатация
подвижного состава железных
дорог на основе Примерной
программы учебной дисциплины.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР _____/С.А. Крижановский/

«__» _____ 20__ г.

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по УПР _____/Д.И.Селивёртов/

«__» _____ 20__ г.

Составитель (автор): Филатов И.В., преподаватель филиала СамГУПС
в г. Саратове.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Лабораторные и практические работы по теме «Электрические машины» является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности **23.02.06** Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог (Приказ Министерства образования и науки РФ №193 от 17.03.2010).

Перечень лабораторных и практических работ по теме «Электрические машины» разработан в соответствии с Примерной программой для специальностей среднего профессионального образования, заключение Экспертного совета ФГАУ «ФИРО» №295 от 16 августа 2011г.

Тема «Электрические машины» относится к профессиональному модулю ПМ.01 и нацелена на развитие у студентов мышления и навыков включения и пуска электрических машин подвижного состава, обслуживания и ремонта электрических машин и трансформаторов подвижного состава, расчёта основных параметров электрических машин и трансформаторов.

Цель проведения лабораторных и практических работ - научить студентов эксплуатировать электромашины и трансформаторы подвижного состава, обслуживать электромашины и трансформаторы подвижного состава, рассчитывать параметры и характеристики электромашин и трансформаторов.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать основные физические процессы, протекающие в электрических машинах и трансформаторах, способы включения и пуска электрических машин, правила эксплуатации, обслуживания и ремонта электрических машин и трансформаторов.

В результате изучения данного курса студент должен сформировать следующие **общие компетенции**:

ОК 1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчинённых), результат выполнения заданий.

ОК 8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

профессиональные компетенции:

ПК 1.1 Эксплуатировать подвижной состав железных дорог.

ПК 1.2 Производить техническое обслуживание и ремонт подвижного состава железных дорог в соответствии с требованиями технологических процессов.

ПК 1.3 Обеспечивать безопасность движения подвижного состава.

ПК 2.3. Контролировать и оценивать качество выполняемых работ

ПК 3.1. Оформлять техническую и технологическую документацию.

ПК 3.2. Разрабатывать технологические процессы на ремонт отдельных деталей и узлов подвижного состава железных дорог в соответствии с нормативной документацией.

Структура методических рекомендаций подчинена основным формам учебной работы и организации самостоятельной работы в виде работы с учебной литературой по теме «Электрические машины», а также организации практической работы в виде исследовательской работы. Методические рекомендации включают также список основной и дополнительной литературы.

Контроль умений и знаний по теме производится по каждой лабораторной работе в виде зачёта.

При анализе и оценке ответа студента необходимо учитывать:

- 1 знание основных понятий по теме «Электрические машины»;
- 2 знание физических процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах, способы расчёта параметров и характеристик электромашин и трансформаторов;
- 3 умение включения и пуска электрических машин, использования электроизмерительных приборов;

- 4 техническую грамотность студента, позволяющую определить глубину понимания студентом вопроса;
- 5 умение применять знания, полученные по другим дисциплинам.

Критерии оценки.

Зачёт ставится студенту, полностью и правильно выполнившему все практические и исследовательские задания лабораторной работы, понимая происходящие процессы, ответившему полностью на все контрольные вопросы и на дополнительные вопросы при отчёте за лабораторную работу, либо допустившему незначительные ошибки при выполнении лабораторной работы и в ответах на контрольные вопросы, ответившему на дополнительные вопросы при отчёте

В остальных случаях зачёт не выставляется.

Практическая работа №1 Изучение конструкции коллекторных электрических машин

Цель работы: изучить конструкцию коллекторной электрической машины, ознакомиться с конструктивными деталями и их назначением

Порядок выполнения работы:

- 1) зарисовать коллекторную электрическую машину;
- 2) выяснить назначение основных узлов коллекторной электрической машины;
- 3) ответить на контрольные вопросы;
- 4) сделать вывод по практической работе.

Коллекторная электрическая машина (Рисунок 1) состоит из двух основных частей: неподвижной части — статора, вращающейся части — якоря. Неподвижная и вращающаяся части отделены друг от друга воздушным зазором.

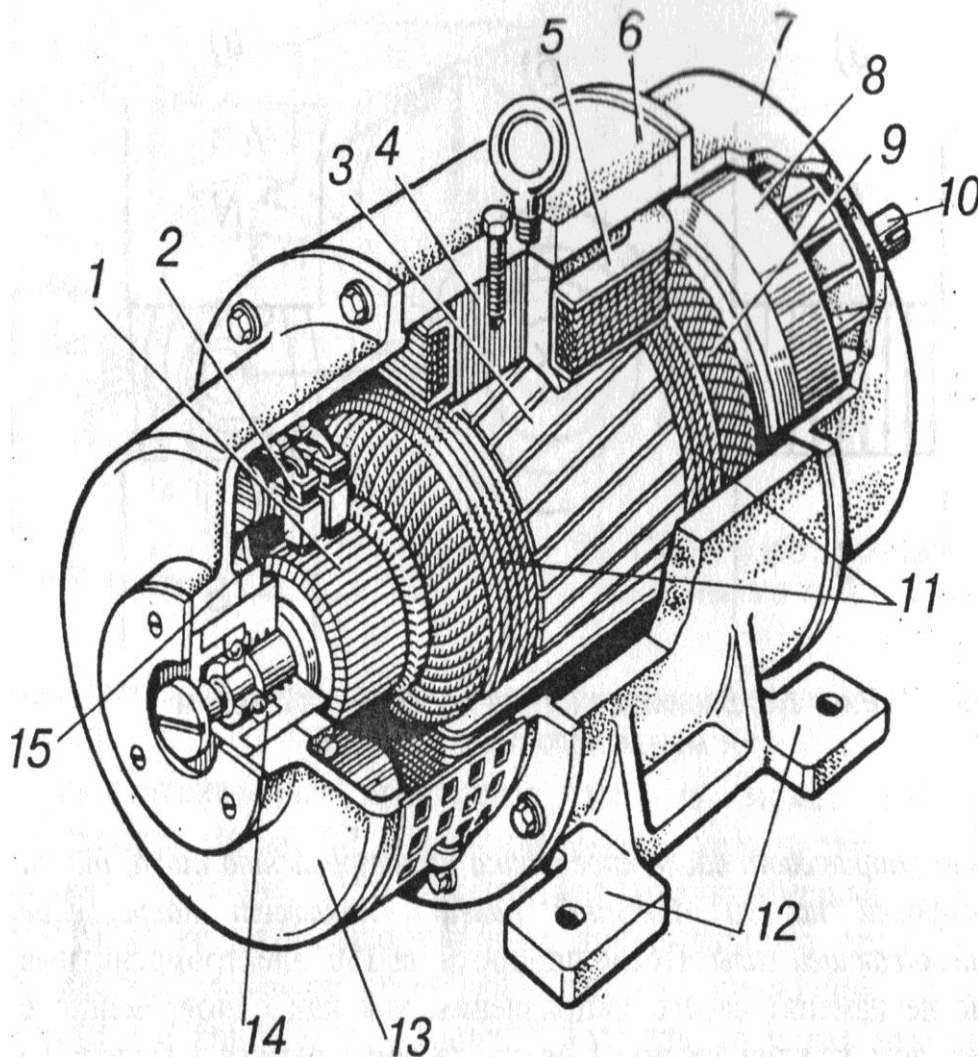


Рисунок 1. Устройство коллекторной машины

1 — коллектор; 2 — щетка; 3 — якорь; 4 — главный полюс; 5 — катушка возбуждения; 6 — станина; 7 — задний подшипниковый щит; 8 — вентилятор; 9 — задние лобовые части обмотки якоря; 10 — вал; 11 — бандажи; 12 — лапы; 13 — передний подшипниковый щит; 14 — подшипник; 15 — щеткодержатель

Статор состоит из станины 6, главных полюсов 4 с полюсными катушками 5, переднего подшипникового щита 13, заднего подшипникового щита 7, щеткодержателей 15 с щетками 2. Станина опирается на фундамент посредством лап 12.

Якорь состоит из вала 10, сердечника 3 с обмоткой 9, коллектора 1, подшипников 14.

Станина с главными полюсами образуют магнитную систему машины, которую называют индуктором. Станину изготовляют из ферромагнитного материала — обычно стали — материала обладающего прочностью и магнитной проницаемостью. В машинах малой и средней мощности станину делают из стальной трубы, а в машинах большой мощности применяют стальное литье, например, в тяговых двигателях локомотивов, а также используют сварные станины из толстолистовой стали (тяговый генератор тепловоза).

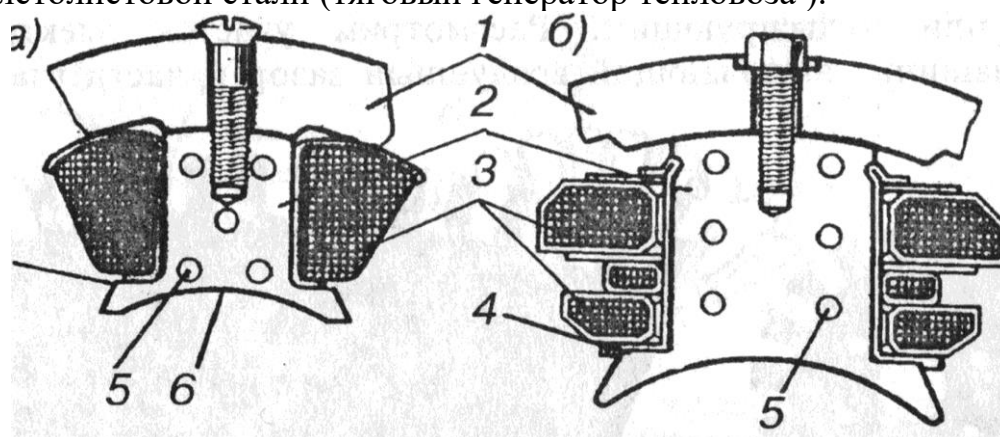


Рисунок 2. Главные полюсы с бескаркасной (а) и каркасной (б) полюсными катушками:

1 — станина; 2 — сердечник полюса; 3 — полюсная катушка; 4 — заплечики; 5 — шпильки или заклепки; 6 — башмак

Главные полюсы с обмотками возбуждения (Рисунок 2) предназначены для создания основного магнитного потока. Состоят из сердечника полюса 2, имеющего шихтованную конструкцию, то есть, изготовленного из отдельных листов электротехнической стали, и обмотки возбуждения 3. В некоторых машинах ТПС, например, возбудитель и вспомогательный генератор тепловоза, сердечники главных полюсов изготовляют из листовой конструкционной стали Ст. 2. Пластины не изолируют, так как окисная пленка на поверхности листов достаточна для уменьшения вихревых токов, наведённых в полюсных наконечниках пульсациями магнитного потока, вызванного

зубчатостью сердечника якоря. Сердечник полюса стягивают шпильками 5, концы которых расклепывают. Нижнюю, уширенную, часть сердечника 6 называют полюсным наконечником или башмаком. Катушки возбуждения опираются на заплечики 4 полюса. Катушки всех полюсов обычно соединяют последовательно. В машинах малой мощности полюсные катушки делают бескаркасными, в этом случае обмоточный провод наматывают на сердечник полюса, предварительно наложив изоляционную прокладку. В тяговых машинах ТПС обмотку возбуждения часто наматывают на пластмассовый каркас, а затем надевают на сердечник полюса. На возбуждение затрачивается мощность, составляющая 0,5–3% от номинальной мощности машины.

Сердечник якоря имеет шихтованную конструкцию. На поверхности сердечника якоря имеются продольные пазы, в которых укладывают обмотку якоря.

Обмотку якоря присоединяют к *коллектору*. Коллектор является механическим выпрямителем наведённой в обмотке якоря переменной э.д.с. Пластины коллектора 1 изготавливают из твердотянутой меди, толщиной 3-15 мм, изолированные друг от друга миканитовыми прокладками. Нижняя часть коллекторных пластин имеет форму «ласточкина хвоста». Стальные нажимные фланцы 3, через миканитовые манжеты 4, зажимают нижнюю часть коллекторных пластин («ласточкин хвост») посредством шпильки 2.

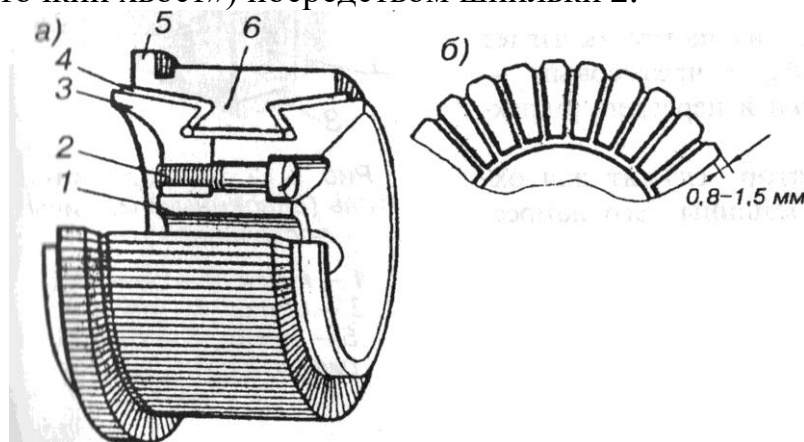


Рисунок 3.

Устройство коллектора с конусными шайбами

1, 3 — *стальной конус (шайба)*; 2 — *винт*; 4 — *миканитовая манжета*; 5 — *петушок*; 6 — *ласточкин хвост*

Верхняя часть 5 коллекторных пластин, которую называют «петушком», имеет узкий продольный паз, куда закладывают проводники якоря и тщательно припаивают.

Для отвода тока от вращающегося коллектора, а также и подвода к нему тока применяют щеточные аппараты.

Щеткодержатель (рисунок 4) укрепляют на щеточных пальцах с помощью зажимов 5. На одном пальце может быть несколько щеткодержателей. Щетку 3 помещают в обойму 4. На щетку давит курок

1 посредством пружины 2. Щетка снабжена медным тросиком (шунтом) 6. Если бы шунт отсутствовал, то подвод тока осуществлялся через пружину, что вызвало бы ее нагрев и потерю ее упругих свойств.

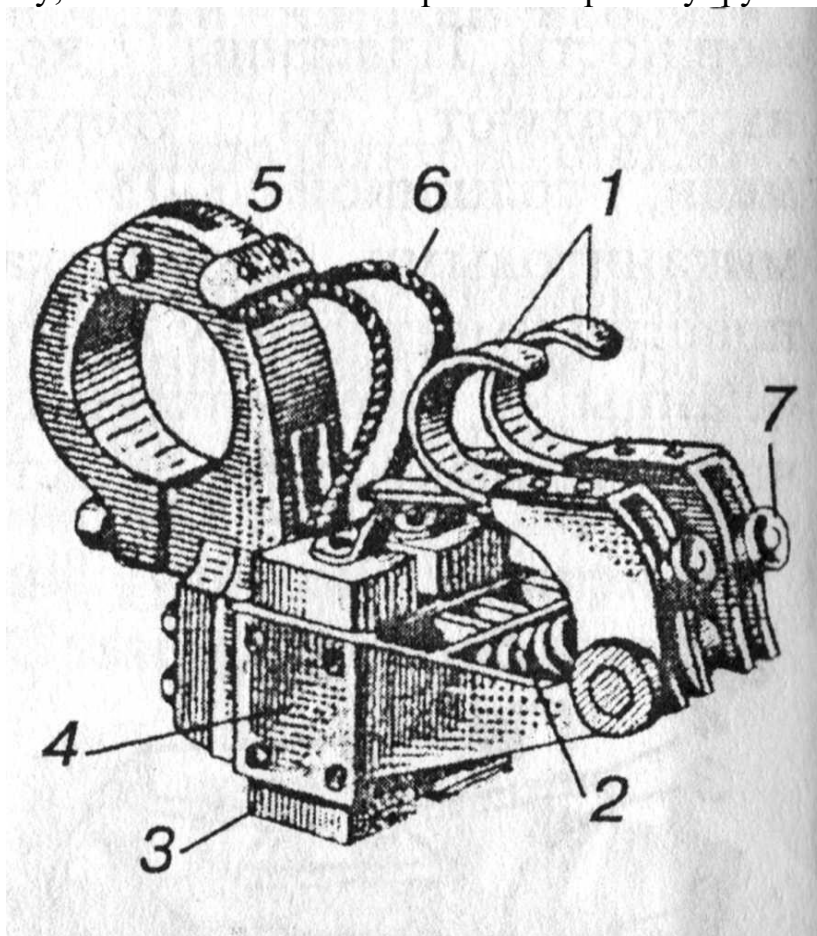


Рисунок 4. Щеткодержатель (сдвоенный) машины постоянного тока:

1 — курок; 2 — пружина; 3 — щетка; 4 — обойма; 5 — зажим; 6 — гибкий (медный шунт) тросик; 7 — винт

Щеткодержатели крепят или к корпусу машины или к специальной траверсе, которую можно поворачивать, что очень удобно для осмотра и замены изношенных щеток. Давление на щетку можно регулировать посредством винтов 7. Недостаточный нажим на щетку вызывает ее искрение, а чрезмерный — износ щетки и перегрев коллектора.

Вентилятор служит для охлаждения машины. Его напрессовывают на вал якоря.

С торцов машина закрыта подшипниковыми щитами: передним 13 и задним 7 (рисунок 1).

Концы обмоток выведены на зажимы клеммной коробки.

Контрольные вопросы

1 Каково назначение главных полюсов коллекторной машины.

2 Почему сердечник якоря и сердечники главных полюсов выполняются шихтованными.

3 Каково назначение коллектора

4 Для чего служит траверса

5 Какое устройство осуществляет электрический контакт между якорем и статором.

Вывод по работе

Лабораторная работа №2 Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения

Цель работы: знакомство с устройством и принципом действия генератора постоянного тока независимого возбуждения, снятие внешней характеристики и характеристики холостого хода.

Порядок выполнения работы:

1 Изучить техническое описание.

2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «0»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).

3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки) входящие в комплект поставки стенда.

4 Подключить защитное заземление.

5 Подключить модули стенда к сети ~220В 50Гц.

6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.

7 Провести эксперимент.

8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.

9 Составить отчет по лабораторной работе.

Генератор независимого возбуждения применяется на тепловозах ТЭ10, М62, ТЭМ2, ЧМЭЗ в качестве тягового. В отличие от лабораторного, он имеет значительно большие габариты, мощность и дополнительные обмотки.

Основными характеристиками генераторов постоянного тока являются: холостого хода $E = f(I_e)$, внешняя $U = f(I)$, регулировочная $I_e = f(I)$.

Характеристика холостого хода $E = f(I_e)$ снимается при постоянной частоте вращения генератора $n = const$ и отключенной нагрузке $I = 0$.

По характеристике холостого хода можно судить о свойствах материалов, из которых изготовлена магнитная цепь машины, о насыщении магнитной цепи машины при номинальном напряжении.

Внешняя характеристика $U=f(I)$ снимается при постоянной частоте вращения генератора $n = const$, неизменном токе возбуждения $I_e = const$ и включенной нагрузке.

По внешней характеристике можно судить об изменении напряжения на зажимах генератора при изменении тока нагрузки. Ее наклон обусловлен размагничивающим действием реакции якоря и падением напряжения в обмотке якоря.

Изменение напряжения для любой точки характеристики можно определить по формуле:

$$\Delta U = ((U_0 - U_a) / U_a) 100\%,$$

где U_0 — напряжение холостого хода (нагрузка отсутствует); U_a — напряжение нагрузки.

Регулировочная характеристика снимается при постоянной частоте вращения $n = const$ и неизменном напряжении на зажимах генератора.

Регулировочная характеристика показывает, как нужно регулировать ток возбуждения I_e при изменении тока нагрузки I_a , чтобы напряжение U на зажимах генератора оставалось постоянным.

Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Модуль силовой», «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Активная нагрузка», «Трехфазный измеритель».

- Электромашинный агрегат

- 1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на рисунке 1.

- 2 Собрать схему. Для измерения напряжения на обмотке возбуждения в качестве PV1 используется мультиметр модуля «Мультиметры». Для измерения напряжения и тока в цепи якоря в качестве PV2 и PA1 использовать модуль «Трехфазный измеритель». Подключить электромашинный агрегат к модулю «Модуль силовой», для этого необходимо силовой кабель электромашинного агрегата соединить с ответным разъемом на модуле «Модуль силовой» при помощи разъёма. Для осуществления визуального контроля частоты вращения электромашин, необходимо кабель энкодера, расположенного на станине электромашинного агрегата, соединить с ответным разъемом «Вход датчика» блока «Тахометр» посредством кабеля энкодера. При этом частота вращения валов электромашин будет отображаться на дисплее тахометра в об/мин.

- 3 Представить схему для проверки преподавателю.

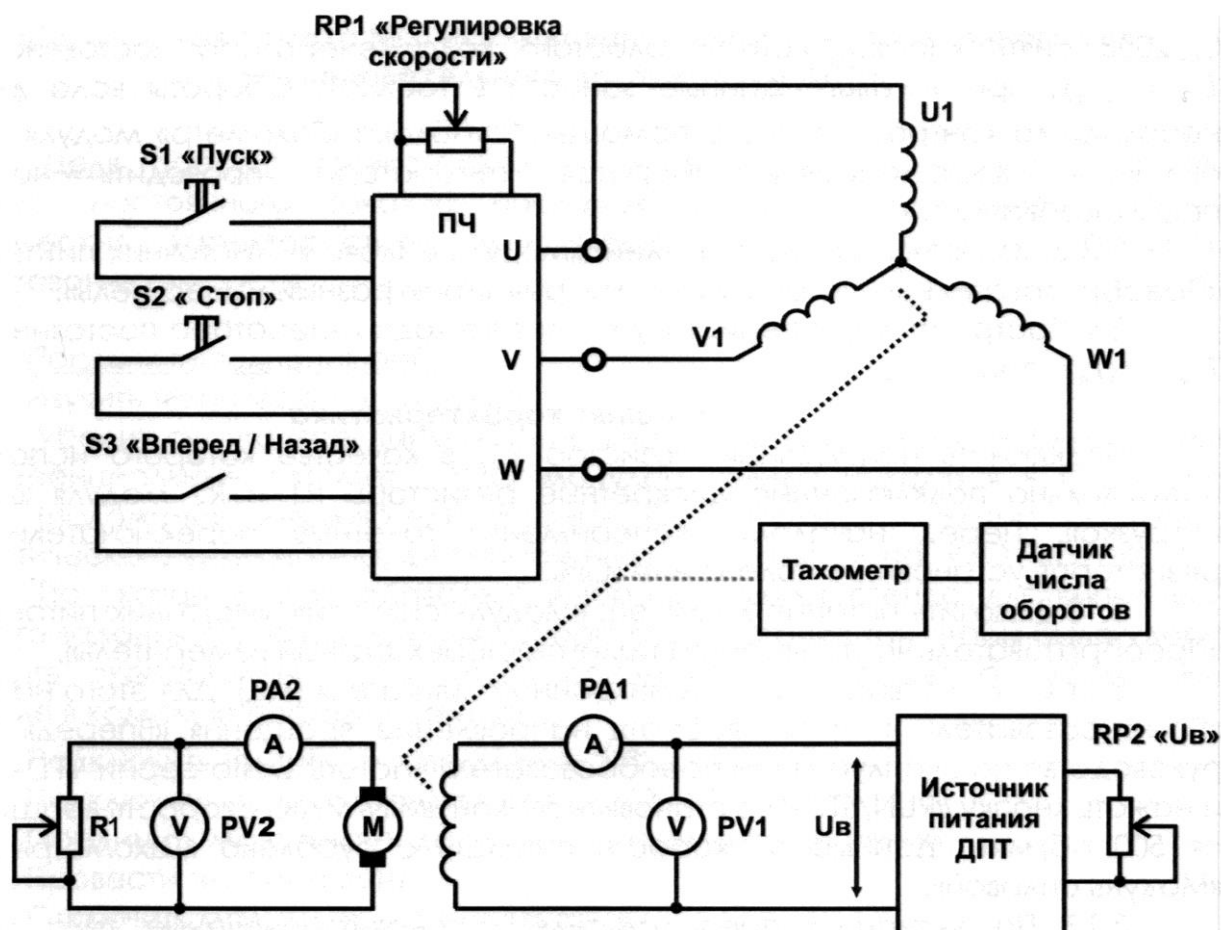


Рисунок 1 Схема электрическая принципиальная

Характеристика холостого хода

Для проведения эксперимента по снятию характеристик холостого хода генератора, исключить из схемы нагрузочный резистор R1.

1 Включить питание модулей: «Модуль силовой», «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель».

2 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле «Преобразователь частоты» выбрать направление вращения «Вперед» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4kBt), и нажать кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n=1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3 Вращая ручку «Uвых» модуля «Источник питания ДПТ» от крайнего левого положения, установить максимальное (паспортное) значение тока обмотки возбуждения генератора постоянного тока. С измерительных приборов PA1 и PV1 считать показания U_B и I_B , с модуля «Трехфазный измеритель» PV2 – U_0 и I_{Δ} . Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

$U_B, В$	$I_B, мА$	$U_0(E_0), В$	$I_A, мА$

4 Регулируя величину U_B модуля «Источник питания ДПТ» в пределах 0...200В снять характеристику холостого хода генератора постоянного тока $U_0=f(I_B)$ при $n = const$. Данные занести в таблицу 1. Обороты вала двигателя необходимо контролировать с помощью субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой». Корректировку оборотов генератора проводить частотным преобразователем.

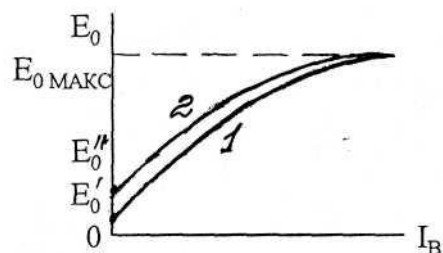
5 Выключить питание модулей: «Модуль силовой», «Источник питания ДПТ» «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель».

6 Построить характеристику холостого хода генератора постоянного тока $U_0 = f(I_B)$, при $n = const$

Вид характеристики холостого хода:

1 - восходящая ветвь

2 - нисходящая ветвь



Внешняя характеристика

Подключить нагрузочный резистор R1, в качестве которого использовать параллельно подключенные дискретные резисторы R1 и R2 модуля «Активная нагрузка». Перед началом эксперимента галетные переключатели обоих резисторов установить в положение «0»%.

1 Включить питание модулей: «Модуль силовой», «Источник питания ДПТ» «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель».

2 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле «Преобразователь частоты» выбрать направление вращения «Вперед» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4кВт и нажать кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n=1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3 По указанию преподавателя, установить значение тока обмотки возбуждения генератора постоянного тока. Для этого вращать ручку «Увых» модуля «Источник питания ДПТ».

4 Регулируя, при помощи галетных переключателей, величину, мощности, потребляемую активной нагрузкой R_1 в пределах 0...90 Вт, снять внешнюю характеристику генератора постоянного тока $U_{\text{я}} = f(I_{\text{я}})$, при $n = \text{const}$, $I_B = \text{const}$. Ток якоря при этом не должен превышать значения 0,4 А. Обороты вала двигателя необходимо контролировать по показаниям тахометра модуля «Модуль силовой». Корректировку оборотов генератора проводить частотным преобразователем. По модулю «Измерителя мощности» РА2, РV2 считывать показания $U_{\text{я}}$ и $I_{\text{я}}$. Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

$P, \text{Вт}$	$I_{\text{я}}, \text{мА}$	$U_{\text{я}}, \text{В}$

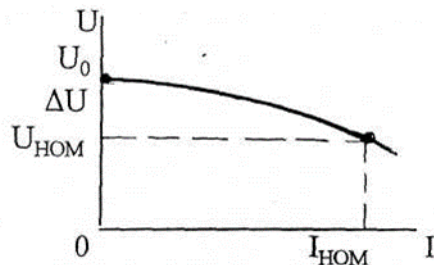
5 Выключить питание модулей «Модуль силовой», «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель».

6 Построить внешнюю характеристику генератора постоянного тока

$U_{\text{я}} = f(I_{\text{я}})$, при $n = \text{const}$, $I_B = \text{const}$.

Вид внешней характеристики:

$$\Delta U_{\text{НОМ}} = \frac{U_0 - U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} \times 100\%$$



7 Сделать выводы по работе.

Лабораторная работа №3 Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения

Цель работы: знакомство с устройством и принципом действия генератора постоянного тока параллельного возбуждения, снятие внешней характеристики и характеристики холостого хода.

Порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с устройством генератора постоянного тока и записать его основные технические данные (номинальные значения мощности, напряжения и частоты вращения).

2 Собрать схему

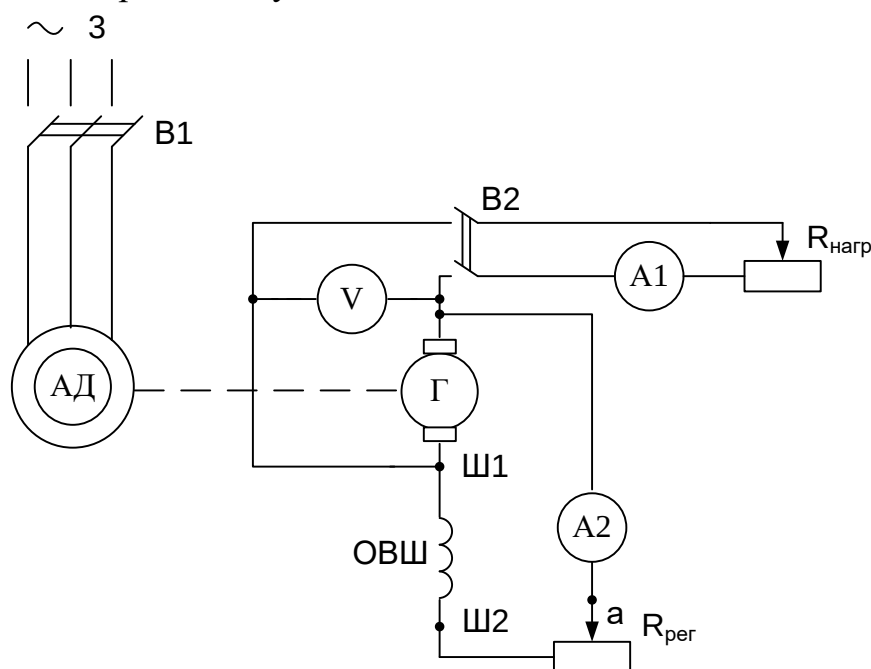


Рисунок 1. Схема электрическая принципиальная

3 После проверки схемы преподавателем запустить двигатель АД. Вольтметр покажет величину ЭДС генератора возбуждаемую остаточной намагниченностью.

4 Проверить правильность подключения обмотки возбуждения. Ввести полностью сопротивление регулировочного реостата $R_{\text{рег}}$. При правильном подключении обмотки возбуждения показания вольтметра увеличатся, при неправильном - уменьшатся. Если обмотка включена неправильно то надо поменять местами проводники в точках Ш1 и Ш2.

5 Снять характеристику холостого хода. Для этого изменяя ток в обмотке возбуждения от «0» до номинального значения, записать показания приборов в таблицу 1 (часть I). Повторить наблюдения, изменяя ток возбуждения от номинального до «0». Записать показания приборов в таблицу 1 (часть II).

- 6 Снять внешнюю характеристику. Для этого, изменяя ток в обмотке возбуждения, установить напряжение U_0 на 10% больше номинального. Затем, не меняя ток возбуждения, изменять сопротивление нагрузочного реостата от «0» до тех пор, пока напряжение генератора не упадет до «0». Записать показания приборов в таблицу 1 (часть III), выключить выключатель В2.
- 7 Снять регулировочную характеристику. Для этого включить выключатель В2 и, изменяя сопротивление нагрузочного реостата $R_{нагр}$ от «0» до номинального значения, регулировать ток возбуждения реостатом $R_{рег}$ так, чтобы напряжение генератора оставалось неизменным. Показания приборов записать в таблицу 1 (часть IV).
- 8 Выключить выключатель В1 и В2. Результаты испытаний показать преподавателю и, получив его разрешение, разобрать схему.

Таблица 1

№ опыта	Показания приборов				Примечание
	U, В	I_a , А	I_b , А	п, об/мин.	
I 1 2 3					Характеристика холостого хода при увеличении напряжения
II 1 2 3 ...					Характеристика холостого хода при снижении напряжения
III 1 2 3 ...					Внешняя характеристика
IV 1 2 3 ...					Регулировочная характеристика

9 Построить по полученным данным характеристики:

- холостого хода $U = f(I_b)$ при $n = \text{const}$ и $I = 0$;
- внешнюю $U = f(I)$ при $n = \text{const}$ и $R_p = 0$;
- регулировочную $I_b = f(I)$ при $n = \text{const}$ и $U = 0$.

10 Сделать выводы по работе

Лабораторная работа №4 Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

Цель работы: знакомство с устройством и принципом действия двигателя постоянного тока последовательного возбуждения, изучить механические характеристики электродвигателя при различных способах регулирования частоты вращения.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить техническое описание.
- 2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «О»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).
- 3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект поставки стенда.
- 4 Подключить защитное заземление
- 5 Подключить модули стенда к сети -220В 50Гц.
- 6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.
- 7 Провести эксперимент.
- 8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.
- 9 Составить отчет по лабораторной работе.

3 Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль»;
- электромашинный агрегат.

3.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на рисунке 1.

3.2 Собрать схему по рисунку 1.

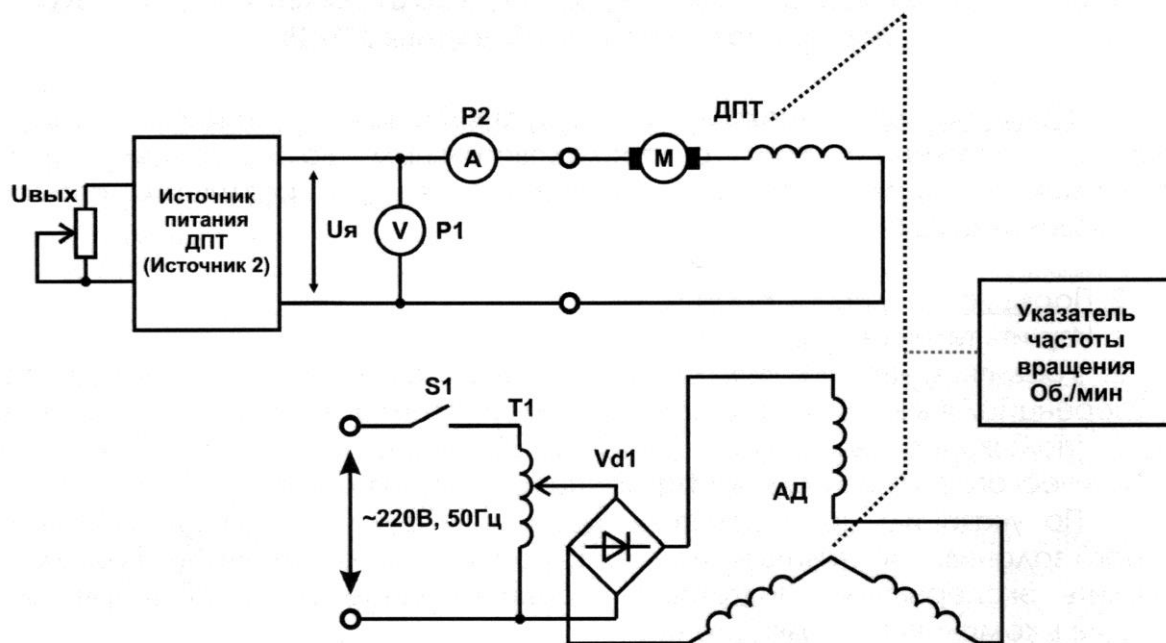


Рисунок 1 Схема электрическая принципиальная

3.3 Представить схему для проверки преподавателю.

Характеристика холостого хода

3.4 Включить питание модулей: «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль»;

3.5 Вращая ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый», установить нулевое значение напряжения $U_{ЛАТР}=0$ на автотрансформаторе Т1 (ЛАТР).

3.6 По указанию преподавателя, путем вращения ручки «11вых» модуля «Источник питания ДПТ», установить величину напряжения цепи питания двигателя постоянного тока в пределах 0...220В. С амперметра Р2 (РА2 модуля «Источник питания ДПТ») и вольтметра (мультиметр), считать показания $U_{я}$ и $I_{общ}$. Данные занести в табл.3.1.

Таблица 3.1

$U_{я}, В$	$I_{общ}, А$	$n, об/мин$

3.7 Наблюдать за пуском ДПТПВ. На модуле «Модуль силовой» с тахометра считать показания числа оборотов вала двигателя. Данные занести в табл.3.1.

3.8 Вращая ручку « $U_{вых}$ » модуля «Источник питания ДПТ», тем самым, регулируя величину напряжения цепи якоря $U_{я}$ в пределах 0...220В, снять характеристику холостого хода двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением $n = f(I_{общ})$, при $U_{ЛАТР} = const$. Данные

о скорости снимать с тахометра модуля «Модуль силовой». По мультиметрам Р1, Р2 (РА2 модуля «Источник питания ДПТ») считать показания $U_{я}$. Данные занести в табл.3.1.

3.9 Выключить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль»

3.10 Построить характеристику холостого хода двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением $n = f(I_{ОБЩ})$, при $U_{ЛАТР} = \text{const}$.

Скоростная характеристика

3.11 Включить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.12 Вращая ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый», установить минимальное значение напряжения $U_{ЛАТР}$ на автотрансформаторе Т1.

3.13 По указанию преподавателя, установить значение напряжения $U_{я}$ по указанию преподавателя в пределах 0...200В. Для этого вращать ручку « $U_{вых}$ » модуля «Источник питания ДПТ». Данные считывать с мультиметра Р1.

3.14 Наблюдать за пуском ДПТПВ. На модуле «Модуль силовой» по тахометру считать показания числа оборотов вала двигателя.

3.15 Снять скоростную характеристику двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением $n = f(I_{ОБЩ})$. Для этого, вращая ручку «Автотрансформатора регулируемого» в диапазоне 0...250В, тем самым постепенно увеличивая нагрузку на валу двигателя $U_{ЛАТР}$, снимать показания $I_{ОБЩ}$ по Р2 (РА2 модуля «Источник питания ДПТ») и число оборотов вала двигателя n . Данные о скорости снимать с тахометра модуля «Модуль силовой». Данные занести в табл.3.2.

Таблица 3.2.

$U_{я}, В$		
$U_{ЛАТР}, В$	$I_{ОБЩ}, А$	$n, об/мин$

3.16 Выключить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.17 Построить скоростную характеристику двигателя постоянного тока с следовательным возбуждением $n = f(I_{\text{ОБЩ}})$.

4 Сделать выводы по работе

Лабораторная работа №5 Исследование двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Цель работы: знакомство с устройством и принципом действия двигателя постоянного тока независимого возбуждения, изучить механические характеристики электродвигателя при различных способах регулирования частоты вращения.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить техническое описание.
- 2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «О»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).
- 3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект поставки стенда.
- 4 Подключить защитное заземление
- 5 Подключить модули стенда к сети -220В 50Гц.
- 6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.
- 7 Провести эксперимент.
- 8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.
- 9 Составить отчет по лабораторной работе.

3 Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль»;
- электромашинный агрегат.

3.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на рисунке 1.

3.2 Собрать схему по рисунку 1.

3.3 Представить схему для проверки преподавателю.

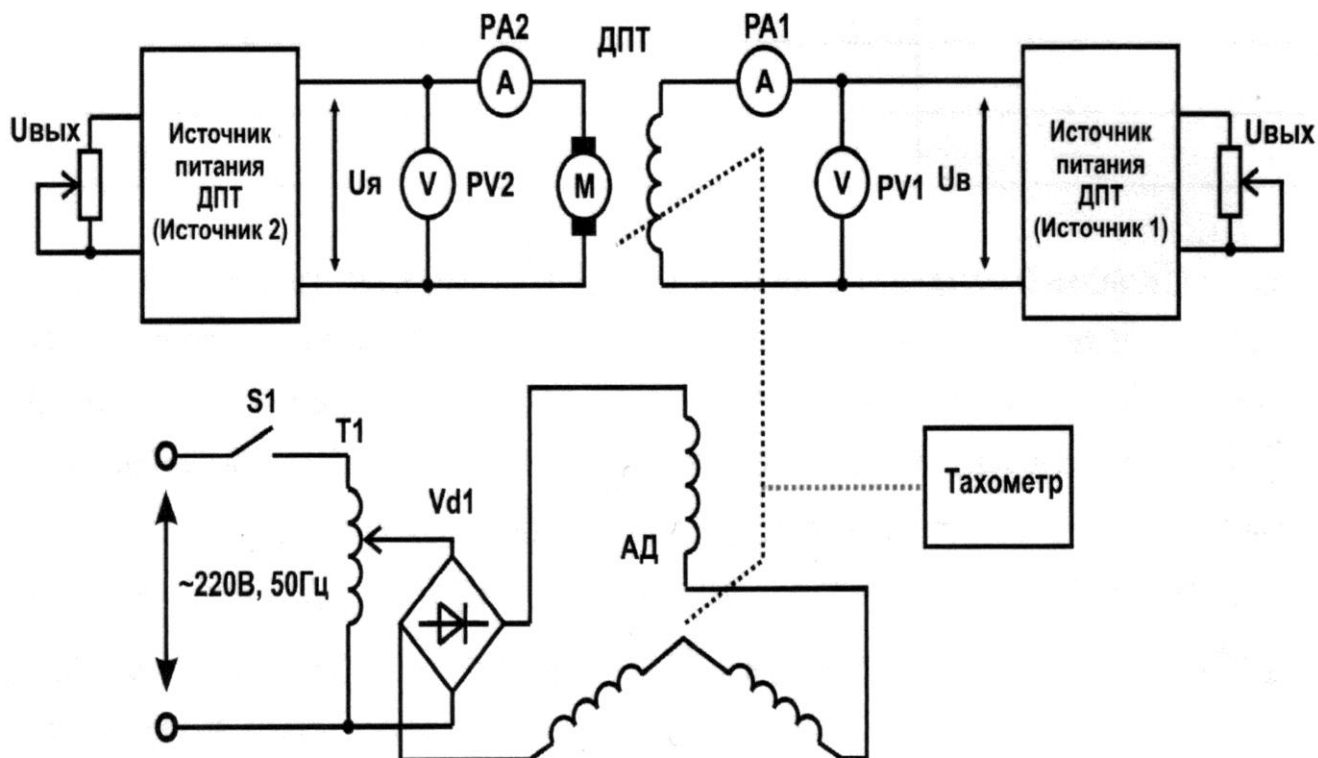


Рисунок 1 Схема электрическая принципиальная

Характеристика холостого хода

3.4 Включить переключатель «ВКЛ.» модулей: «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.5 Вращая ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый», установить минимальное значение напряжения $U_{\text{ЛАТР}}$ на автотрансформаторе Т1.

3.6 По указанию преподавателя, путем вращения ручки «Увых» модуля «Источник питания ДПТ» (Источник 2), установить величину напряжения в цепи якоря $U_{\text{я}}$, в пределах 0...220В. По измерительным приборам РА2 (модуль «Источник питания ДПТ»), РВ2 (мультиметр) считывать показания $U_{\text{я}}$ и $I_{\text{я}}$. Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1.

$U_{\text{я}}, \text{В}$		
$I_{\text{я}}, \text{А}$		
$U_{\text{в}}, \text{В}$	$I_{\text{в}}, \text{А}$	$n, \text{об/мин}$

3.7 Регулируя величину напряжения в обмотке возбуждения $U_{\text{в}}$ в пределах 0...220В, снять характеристику холостого хода двигателя постоянного тока с независимым возбуждением $n = f(I_{\text{в}})$. при $U_{\text{я}} = \text{const}$, $I_{\text{я}} = \text{const}$. Для этого вращать ручку «Увых» модуля «Источник питания ДПТ» (Источник 1). Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр»

модуля «Модуль силовой». По амперметру РА1 модуль «Источника питания ДПТ») и вольтметру РV1 (мультиметр) считать показания I_B и U_B . Данные занести в таблицу 1.

3.8 Выключить питание модулей: «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.9 Построить характеристику холостого хода двигателя постоянного тока $n = f(I_B)$, при $U_A = \text{const}$, $I_A = \text{const}$.

Скоростная характеристика

3.10 Включить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.11 Вращая ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый» установить минимальное значение напряжения $U_{\text{ЛАТР}}$ на ЛАТРе.

3.12 Установить значение напряжения обмотки якоря двигателя постоянного тока по указанию преподавателя. Для этого вращать ручку «Увых» модуля «Источник питания ДПТ» (Источник 2) от крайнего левого положения. Данные считывать по вольтметру РV2 (мультиметр).

3.13 По указанию преподавателя, установить значение тока обмотки возбуждения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Для этого вращать ручку «Увых» модуля «Источник питания ДПТ». Данные считывать с амперметра РА1 (Источник 1).

3.14 Снять скоростную характеристику двигателя постоянного тока с независимым возбуждением $n = f(I_A)$, при $U_A = \text{const}$, $I_B = \text{const}$. Для этого вращая ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый» в диапазоне $U_{\text{ЛАТР}} = 0 \dots 250 \text{ В}$, тем самым постепенно увеличивая нагрузку на валу двигателя постоянного тока снимать показания тока якоря I_A с амперметра РА2 (Источник 2) и число оборотов вала двигателя n . Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр»: модуля «Модуль силовой». Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

$U_A, \text{ В}$		
$I_B, \text{ А}$		
$U_{\text{ЛАТР}}, \text{ В}$	$I_A, \text{ А}$	$n, \text{ об/мин}$

3.15 Выключить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.16 Построить скоростную характеристику двигателя постоянного тока независимым возбуждением $n=f(I_A)$, при $U_A = \text{const}$, $I_B = \text{const}$.

Регулировочная характеристика

3.17 Включить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

3.18 Вращая ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый» установить минимальное значение напряжения $U_{ЛАТР}$.

3.19 Вращая ручки « $U_{вых}$ » модуля «Источник питания ДПТ» (Источник 1, Источник 2), установить номинальное напряжение возбуждения, номинальную скорость вращения двигателя $n=1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой». По амперметру РА1 и вольтметру PV1 (мультиметр) считать показания I_B и U_B . Данные занести таблицу 3.

3.20 Снять регулировочную характеристику двигателя постоянного тока независимым возбуждением $I_B=f(I_A)$, при $U_A = \text{const}$,

Для этого вращать ручку модуля «Автотрансформатор регулируемый» в диапазоне 0...250В, тем самым постепенно увеличивая нагрузку на валу двигателя $U_{ЛАТР}$, снимать показания тока якоря I_A по амперметру РА2 (Источник 2) и тока обмотки возбуждения I_B по амперметру РА1 (Источник 1). Скорость вращения поддерживать постоянной путем подстройки U_B . Данные занести в таблицу 3.

3.21 Выключить питание модулей «Автотрансформатор регулируемый», «Источник питания ДПТ», «Мультиметры», «Силовой модуль».

Таблица 3

$U_A, В$		
$n, \text{об/мин}$		
$U_{ЛАТР}, В$	$I_A, А$	$I_B, А$

3.22 Построить регулировочную характеристику двигателя постоянного тока независимого возбуждения $I_B=f(I_A)$ при $U_A = \text{const}$, $n = \text{const}$.

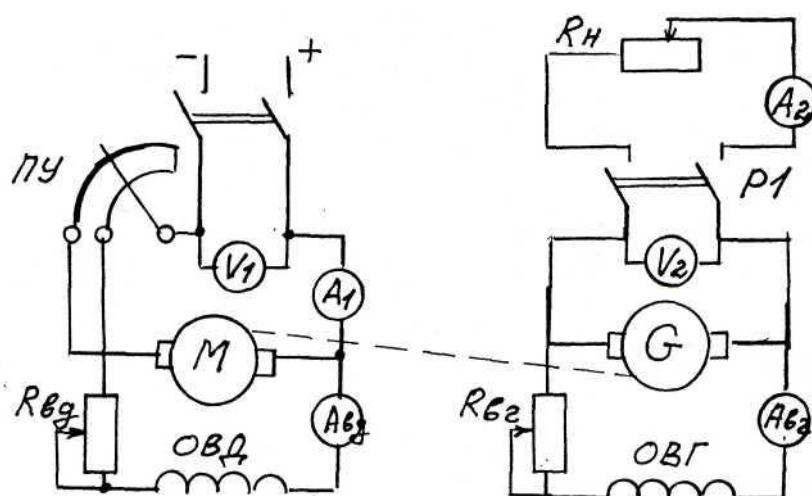
4 Сделать выводы по работе

Лабораторная работа №6 Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

Цели работы: изучить устройство двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о свойствах двигателя;

Порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с исполнительной схемой стенда.



2 Выполнить пуск двигателя:

- нагрузка генератора отключена (рубильник P1 отключён);
- пусковой реостат ПУ введён полностью (крайнее левое положение);
- подать напряжение на двигатель, постепенно вывести пусковой реостат ПУ, не допуская увеличение тока двигателя $\geq 1,5 I_H$.

3 Снять и построить в одних осях координат рабочие характеристики двигателя $n = f(P_2)$, $I_1 = f(P_2)$, $M_2 = f(P_2)$, $\eta = f(P_2)$ при $U_H = \text{const}$ и $I_{вд} = \text{const}$

Для этого устанавливают номинальное напряжение на зажимах генератора, замыкают рубильник P1 и постепенно увеличивают ток нагрузки генератора, снимая при этом показания приборов U_1, A_1, U_2, A_2 . Измерение числа оборотов двигателя производится тахометром.

Таблица 1.

Измерено						Дано	Рассчитано			
№ опыта	U_1 , В	I_1 , А	n об/мин	U_2 , В	I_2 , А	η , %	P_1 , Вт	P_2 , Вт	M_2 , Нм	η , %

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Расчёты ведутся по формулам:

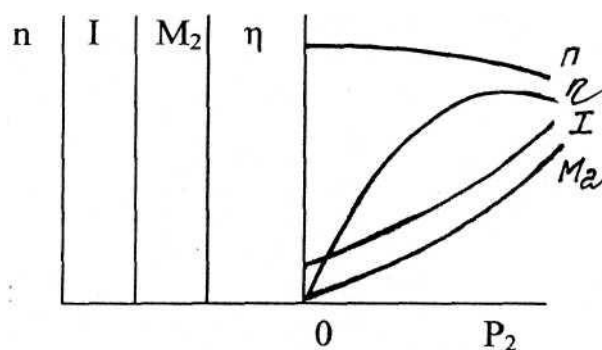
$$P_1 = U_1 \cdot I_1$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \eta_r$$

$$M_2 = 9,55 P_2 / n$$

$$\eta = P_2 / P_1 \cdot 100\%$$

Рабочие характеристики будут иметь вид:

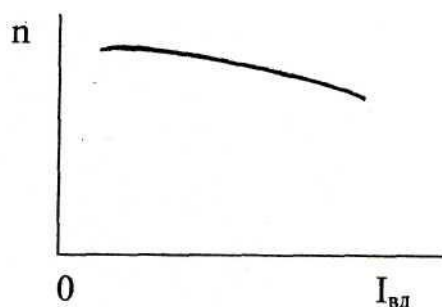


4 Снять и построить регулировочную характеристику двигателя $n = f(I_{вд})$ при неизменном напряжении. Постепенно вводим сопротивление $R_{вд}$ в цепи возбуждения двигателя, снимая через одинаковые токовые интервалы показания тахометра. Заносим эти показания в таблицу 2.

Таблица 2.

n, об/мин						
I _{вд} , А						

Регулировочные характеристики будут иметь вид:



Вывод: составляется по цели работы

Контрольные вопросы:

1. С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения на регулировочном реостате устанавливается минимальное сопротивление.
2. Какие способы регулировки частоты вращения возможны в двигателе параллельного возбуждения.
3. Какие характеристики двигателя параллельного возбуждения называют рабочими.
4. Почему при увеличении нагрузки двигателя параллельного возбуждения уменьшается частота вращения.
5. Почему не допускается включение двигателя последовательного возбуждения с нагрузкой менее 25% от номинальной.
6. Что представляют собой рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения .
7. Какие способы регулирования частоты вращения возможны у двигателей последовательного возбуждения.
8. Чем объясняются особые свойства двигателей последовательного возбуждения по сравнению с двигателями параллельного возбуждения.

Практическая работа №7 Изучение конструкции бесколлекторных электрических машин переменного тока

Цель работы: изучить конструкцию бесколлекторных электрических машин, ознакомиться с конструктивными деталями и их назначением

Порядок выполнения работы:

- 1) зарисовать асинхронную бесколлекторную электрическую машину;
- 2) выяснить назначение основных узлов асинхронных бесколлекторных электрических машин;
- 3) зарисовать синхронную бесколлекторную электрическую машину;
- 4) выяснить назначение основных узлов синхронных бесколлекторных электрических машин;
- 5) ответить на контрольные вопросы;
- 6) сделать вывод по практической работе.

Бесколлекторные электрические машины разделяются на **асинхронные и синхронные.**

Асинхронной машиной называют потому что частота вращения ротора и вращающегося магнитного поля статора не одинаковы. Асинхронная машина, как и всякая электрическая машина, состоит из неподвижной части – статора и вращающейся части – ротора.

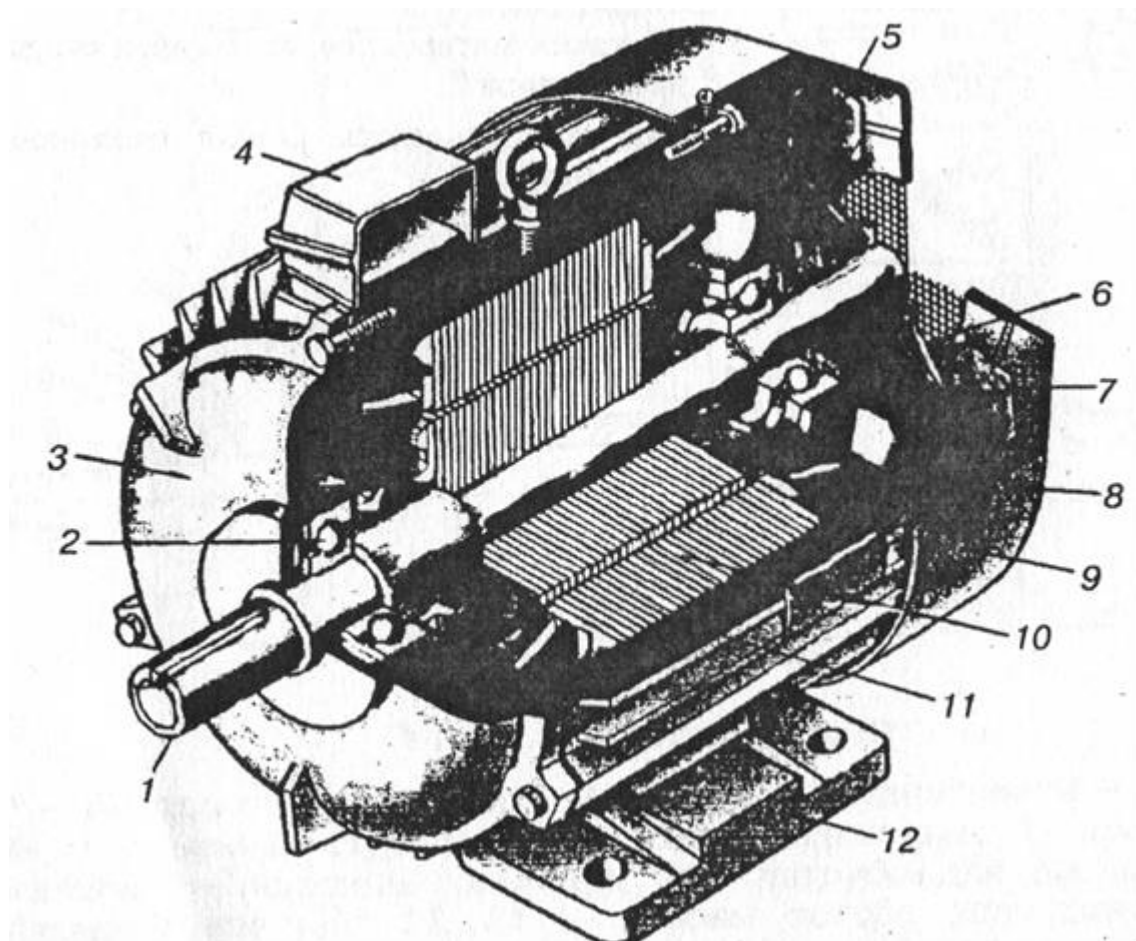


Рисунок 1. Устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

1 — вал; 2, 6 — подшипники; 3, 7 — подшипниковые щиты; 4 — коробка выводов; 5 — вентилятор; 8 — кожух вентилятора; 9 — сердечник ротора с короткозамкнутой обмоткой; 10 — сердечник статора с обмоткой; 11 — корпус; 12 — лапы

Статор асинхронной машины практически не отличается от статора синхронной. Он состоит из корпуса 11, который может быть изготовлен из различных конструкционных материалов: стали, чугуна, цветных металлов и их сплавов. В корпус запрессован сердечник 10, изготовленный из отдельных пластин электротехнической стали. В сердечнике сделаны пазы, куда укладывают трехфазную обмотку. С торцов корпус закрыт подшипниковыми щитами 3 и 7. Подшипниковые щиты обычно выполняют из тех же материалов, что и корпус. В подшипниковых щитах расположены подшипники 2 и 6, на которые опирается вал 1 ротора. На вал напрессован сердечник 9, выполненный из отдельных пластин электротехнической стали. В сердечнике сделаны пазы в которые заливают расплавленный алюминий. При охлаждении алюминия образуются стержни, к концам которых припаивают алюминиевые кольца. Чаще всего кольца и стержни отливают одновременно. Образуется короткозамкнутая обмотка типа «белочье колесо». В некоторых машинах вместо алюминиевой «белочьей клетки»

применяют медную. Тогда в пазы ротора просто укладывают медные стержни концы которых замыкают медными кольцами. Вместе с кольцами отливают вентиляционные лопатки, способствующие охлаждению двигателя. Для уменьшения габаритов двигателя охлаждающий поток воздуха направляют центробежным вентилятором 5, который напрессовывают на вал ротора. Вентилятор прикрыт кожухом 8, изготавливаемый из стали, а в последнее время из пластмассы.

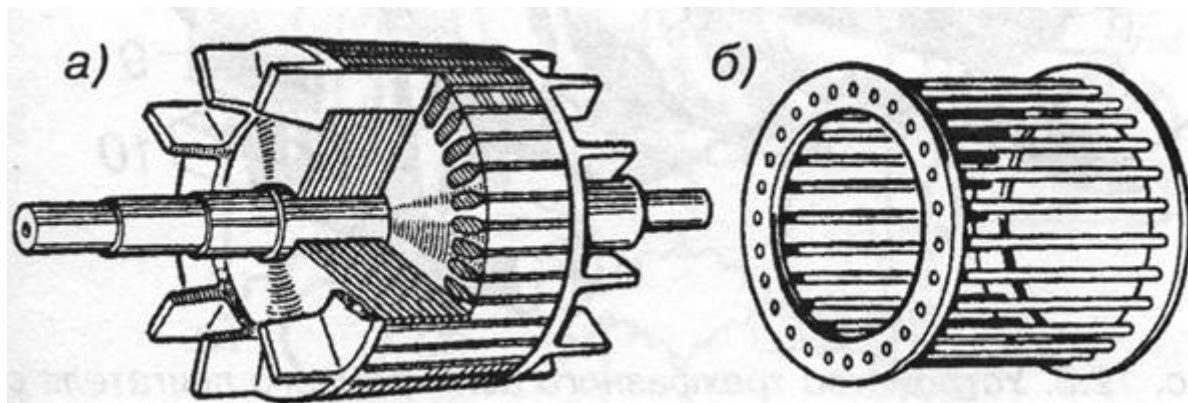


Рисунок 2. Короткозамкнутый ротор:

- а) ротор выполненный методом литья под давлением;
- б) обмотка «беличья клетка»

Двигатель монтируют посредством лап 12, либо с помощью фланца. В последнем случае на подшипниковом щите (чаще всего со стороны выступающего конца вала) выполняют фланец с отверстиями для крепления двигателя на рабочем органе.

Другой разновидностью асинхронных двигателей являются двигатели с фазным ротором (рисунок 3). Ротор конструктивно отличается от короткозамкнутого. На валу 8 напрессован шихтованный сердечник 5 с трехфазной обмоткой, выполненной аналогично обмотке статора. Эту обмотку соединяют «звездой», а ее концы присоединяют к трем контактными кольцам 11, напрессованным на вал и изолированным друг от друга и от вала. По кольцам контактируют щетки, помещенные в щеткодержатели (рисунок 4).

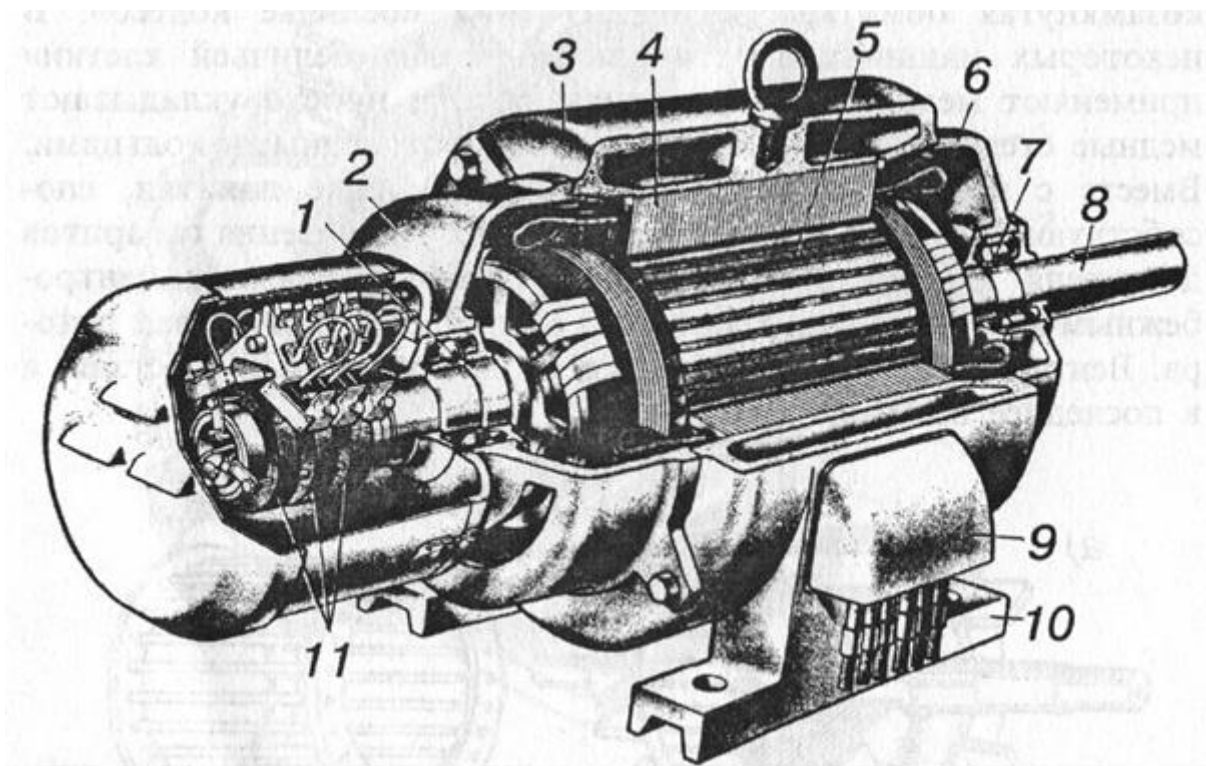


Рисунок 3. Устройство трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором:

1,7 — подшипники; 2, 6 — подшипниковые щиты; 3 — корпус; 4 — сердечник статора с обмоткой; 5 — сердечник ротора; 8 — вал; 9 — короб выводов; 10 — лапы; 11 — контактные кольца

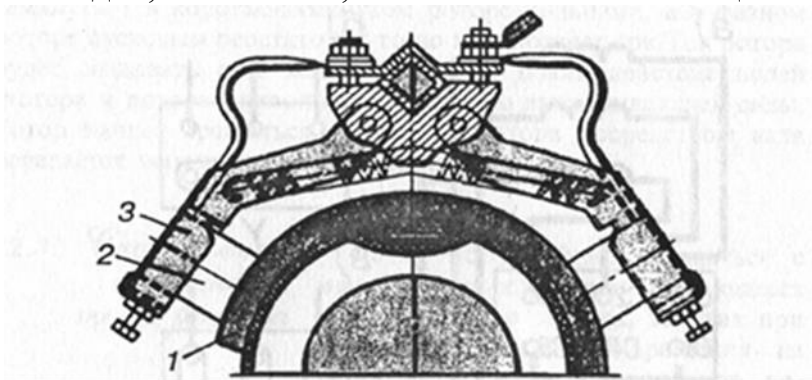


Рисунок 4. Расположение щёткодержателей:

1 — контактное кольцо; 2 — щетка; 3 — щеткодержатель

На каждое контактное кольцо 1 накладывают обычно две щетки 2, находящиеся в щеткодержателях 3. Определенное нажатие на щетку обеспечивается пружинами щеткодержателя. К щеткам подключают пусковые реостаты ПР, создающими в цепи ротора добавочное сопротивление $R_{доб}$.

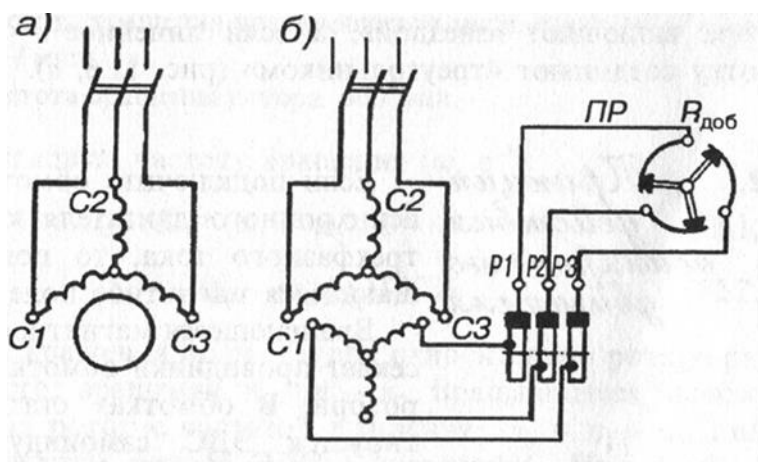


Рисунок.5. Схемы включения трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым (а) и фазным (б) ротором

На рисунке.5 показана схема включения асинхронных двигателей с короткозамкнутым (а) и фазным (б) ротором.

Выводы обмоток выводят на клеммы коробки выводов 4 (см. рисунок 1) и 9 (см. рисунок 3). К трехфазной сети обмотки статора подключают «звездой» или «треугольником» (рисунок 6). Обычно на табличке, укрепленной на корпусе двигателя, указывают два напряжения, отличающиеся в $\sqrt{3}$ раз. Если в сети большее напряжение из указанных в табличке, то двигатель включается «звездой», при меньшем напряжении – треугольником».

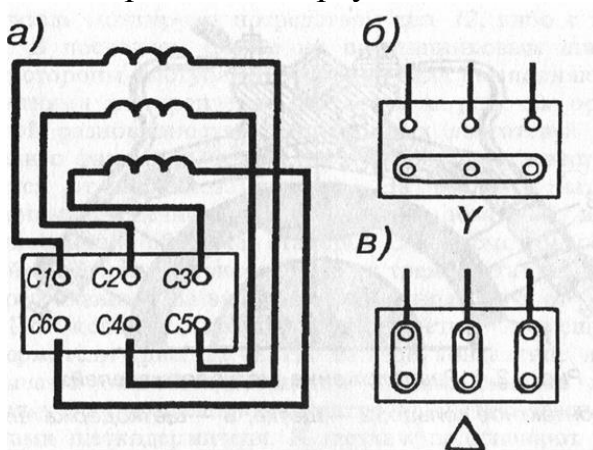


Рисунок 6. Расположение выводов обмотки статора асинхронного двигателя (а) и положение перемычек при соединении обмоток статора «звездой» (б) и «треугольником» (в)

Синхронные машины довольно широко применяют в электроэнергетике. Преобладающая часть электроэнергии, используемой в экономике России и в бытовых целях, производится синхронными генераторами. На тепловых и атомных электростанциях приводом генераторов является паровая или газовая турбина, поэтому их

называют турбогенераторами, а на гидроэлектростанциях — гидротурбина, из-за чего их называют гидрогенераторами.

На тепловозах с переменнo-постоянной и переменнo-переменной передачами в качестве тяговых используют синхронные генераторы, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с генераторами постоянного тока.

Синхронные машины используют в качестве тяговых двигателей на ТПС нового поколения.

Их также используют в качестве вспомогательных машин, например, синхронные возбудители тепловоза 2ТЭ116.

Сердечник статора (Рисунок 1) собирается из листов электротехнической стали, которые до сборки обычно покрываются с обеих сторон масляно-канифольным изоляционным лаком. В машинах малой мощности обычно листы сердечников не имеют лакового покрытия, так как естественный или искусственно созданный слой оксидов на поверхности листов стали является достаточной изоляцией. Во внутренней цилиндрической поверхности сердечника сделаны пазы, в которых размещается трехфазная обмотка статора. Сердечник запрессовывают в корпус, который изготавливают из конструкционных материалов: стали, чугуна, алюминия и его сплавов (машины малой мощности) и др. Так как в обмотках статора индуцируется ЭДС, то его сердечник с обмотками называют якорем. С обоих торцов корпус закрыт подшипниковыми щитами, которые обычно изготавливают из того же материала, что и корпус.

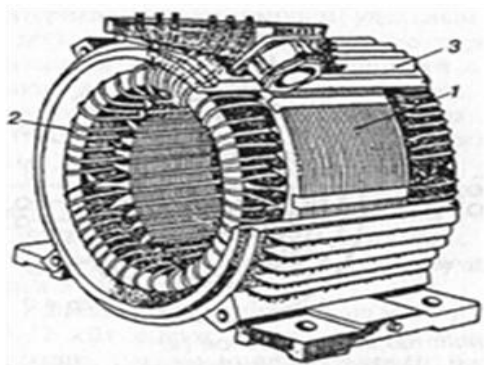


Рисунок 1. Статор машины переменного тока: 1 — сердечник; 2 — обмотка; 3 — корпус

искусственно созданный слой оксидов на поверхности листов стали является достаточной изоляцией. Во внутренней цилиндрической поверхности сердечника сделаны пазы, в которых размещается трехфазная обмотка статора. Сердечник запрессовывают в корпус, который изготавливают из конструкционных материалов: стали, чугуна, алюминия и его сплавов (машины малой мощности) и др. Так как в обмотках статора индуцируется ЭДС, то его сердечник с обмотками называют якорем. С обоих торцов корпус закрыт подшипниковыми

щитами, которые обычно изготавливают из того же материала, что и корпус.

Ротор синхронной машины бывает двух видов: явнополусной (рисунок 2, а) и неявнополусной (рисунок 2, б).

Сердечники полюсов явнополусных машин набирают из листов стали толщиной 1-2 мм и стягивают с помощью шпилек. В средних и крупных машинах полюса крепят к выступам вала или к ободу крестовины с помощью Т-образных хвостов. В малых машинах полюсы крепят также с помощью болтов. Обмотки возбуждения крупных машин наматывают из голй полосовой меди на ребро, и проводники обмотки изолируют друг от друга изоляционными прокладками.

В полюсных наконечниках синхронных двигателей (рисунок 3) делают пазы, куда помещают стержни 1 пусковой обмотки из материала с повышенным удельным сопротивлением (латунь и др.), которые приваривают по торцам к короткозамкнутым сегментам 2, а последние соединяют в короткозамкнутые кольца. Такие же по конструкции обмотки, но из медных стержней изготавливают нередко в синхронных генераторах и называют в этом случае успокоительными или демпферными обмотками.

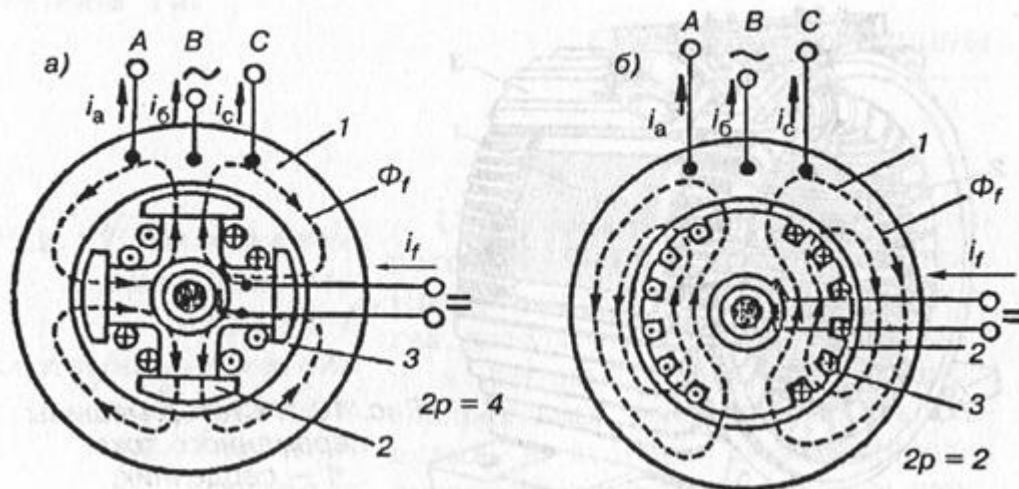


Рисунок 2. Устройство явнополусной (а) и неявнополусной (б) синхронной машины: 1 — статор (якорь); 2 — ротор (индуктор); 3 — обмотка возбуждения

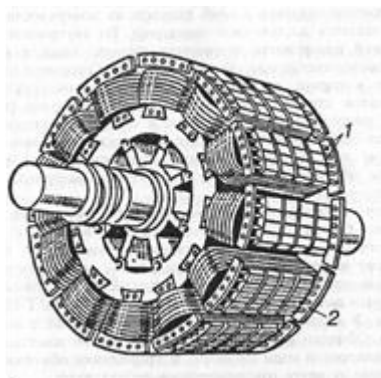


Рисунок 3. Ротор явнополусной синхронной машины: 1 — стержень; 2 — сегмент

В некоторых случаях полюсы синхронных машин делают массивными из стальных поковок, и в этом случае роль пусковой обмотки выполняют сами массивные полюсы. Торцы наконечников соседних полюсов в этом случае соединяются проводниками в виде планок.

Явнополусные синхронные машины небольшой мощности до 10-12 кВт имеют иногда так называемую обращенную конструкцию, когда индуктор (полюсы) являются неподвижными, а якорь вращается. Такие машины похожи на машины постоянного тока, у которых коллектор заменен тремя или двумя контактными кольцами для отвода тока из обмотки якоря. Подобную конструкцию имеет синхронный подвозбудитель тепловоза. Для крупных машин обращенная конструкция невыгодна, так как отвод из обмотки якоря больших токов при высоком напряжении с помощью колец и щеток чрезвычайно затруднителен и сложно осуществить надежную изоляцию вращающейся якорной обмотки высокого напряжения.

Неявнополусные синхронные машины имеют цилиндрический ротор, выполняемый обычно из массивной стальной поковки. В роторе фрезеруют пазы для укладки обмотки возбуждения (рисунок 2, б). Эти машины выпускают с числом полюсов $2p = 2$ и $2p = 4$ и имеют поэтому большие частоты вращения (при $f = 50$ Гц соответственно 3000 и 1500 об/мин).

Обмотка ротора выполняется в виде концентрических катушек и закрепляется в пазах немагнитными металлическими клиньями (дюралю-миний и т.д.), которые обладают требуемой механической прочностью. Немагнитные клинья предотвращают возникновение больших магнитных потоков рассеяния, замыкающихся вокруг пазов через клинья и вызывающих излишнее насыщение зубцов и уменьшение полезного потока, проходящего через воздушный зазор в статор.

Обмотки ротора имеют изоляцию класса В или F.

Контрольные вопросы

- 1.Каие существуют виды машин переменного тока
- 2 Почему асинхронный двигатель называют асинхронным.
- 3 Какими способами подключают асинхронные двигатели к трёхфазной сети.
- 4 Каково устройство асинхронного двигателя.

- 5 Какого типа бывают роторы у синхронных машин.
6 Какого типа бывают роторы у асинхронных машин.

Вывод по работе

Лабораторная работа №8 Исследование трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при соединении обмоток статора в «звезду»

Цель работы: исследовать режим пуска асинхронного двигателя; снять и построить рабочие характеристики трёхфазного асинхронного двигателя в режиме холостого хода и под нагрузкой.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить техническое описание.
- 2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «О»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).
- 3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект поставки стенда.
- 4 Подключить защитное заземление
- 5 Подключить модули стенда к сети -220В 50Гц.
- 6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.
- 7 Провести эксперимент.
- 8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.
- 9 Составить отчет по лабораторной работе.

3 Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Реостат возбуждения ДПТ», «Трёхфазный измеритель», «Силовой модуль», «Измеритель напряжений и частот»;
- электромашинный агрегат.

3.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на Рисунке 1

3.2 Собрать схему

3.3 Представить схему для проверки преподавателю.

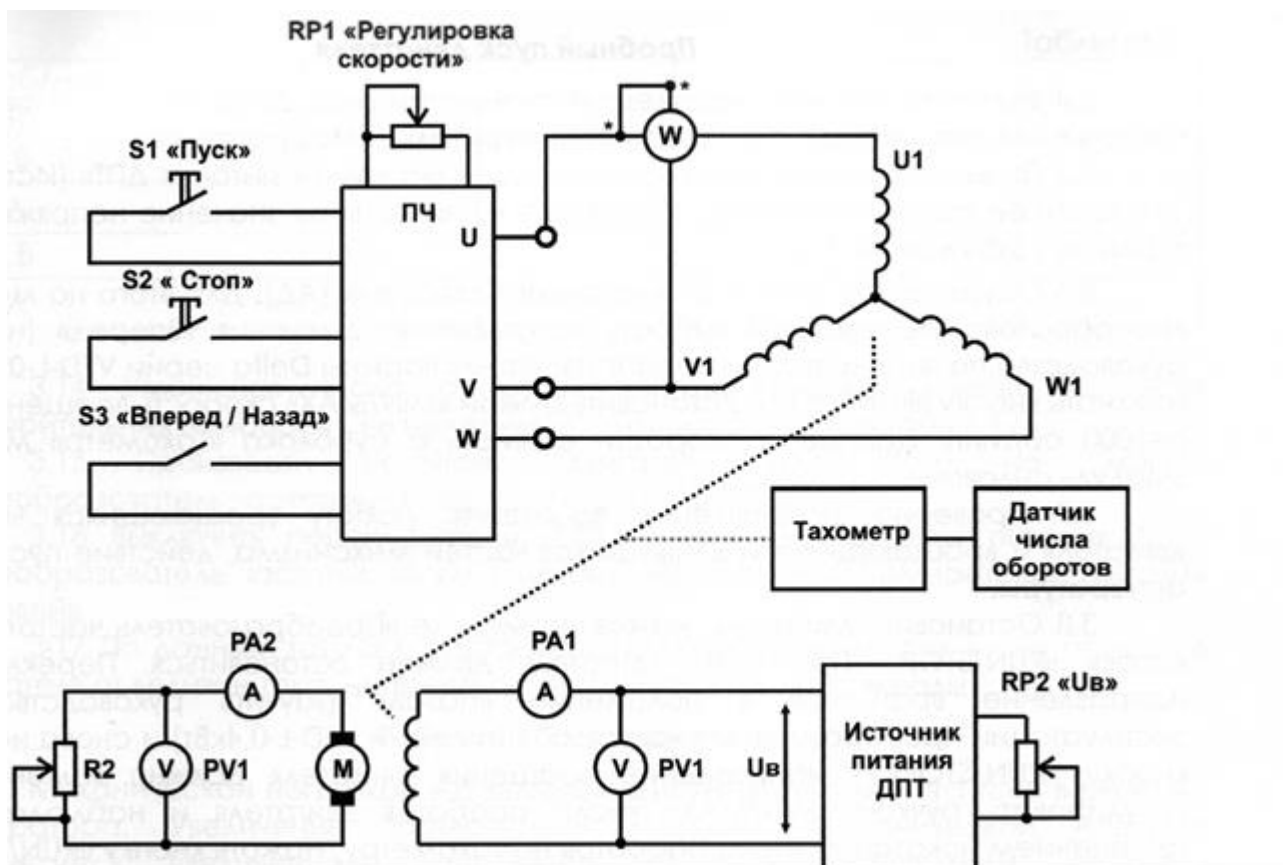


Рисунок 1. Схема электрическая принципиальная

Пробный пуск двигателя

3.4 Включить питание модулей: «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.5 Путем вращения ручки «Uвых» модуля «Источник питания ДПТ» (Источник 1) в крайнее левое положение, установить минимальное значение напряжения в обмотке возбуждения U_v .

3.6 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле «Преобразователь частоты» выбрать направление движения «Вперед» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4кВт) и нажать кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n = 1000$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3.7 Проверить направление вращения, работу вращающихся частей двигателя и вращающихся и движущихся частей механизма, действие пусковой аппаратуры.

3.8 Остановить двигатель, нажав на модуле «Преобразователь частоты» на кнопку «RUN/STOP». При этом двигатель должен остановиться. Переключить направление вращения в положение «Назад» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4кВт) и снова нажать кнопку «RUN/STOP».

– направление вращения двигателя должно измениться. Регулировать ручкой «MIN/MAX» число оборотов двигателя и наблюдать за изменением показаний числа оборотов по тахометру. Нажать кнопку «RUN/STOP: для остановки двигателя.

3.9 Выключить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

Характеристики в режиме холостого хода

Галетные переключатели резистора R2, состоящего из двух, параллельно соединенных резисторов R1 и R2 модуля «Активная нагрузка» установить в положение 0%.

3.10 Включить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.11 Установить минимальную величину напряжения в обмотке возбуждения UB, путем вращения ручки «Uвых» модуля «Модуль питания ДПТ». Данные считывать по вольтметру PV1 (мультиметр).

3.12 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n = 1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3.13 Снять показания со всех измерительных приборов, включая ваттметр и тахометр. 3.14 Уменьшая число оборотов двигателя, снять данные со всех измерительных приборов.

Таблица 1

n , об/мин					
W, Вт					
UB, В					
IB, А					
Uя, В					
Iя, А					

3.15 Произвести остановку двигателя. Для этого на модуле «Преобразователь частоты» нажать кнопку «RUN/STOP».

3.16 Выключить переключатель «ВКЛ.» модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.17 По данным таблицы 1, построить графики зависимости числа оборотов двигателя от частоты.

Рабочие характеристики

Механической нагрузкой АД является двигатель постоянного тока в режиме генератора. Увеличение тормозящего момента механической нагрузки достигается увеличением напряжения обмотки возбуждения двигателя постоянного тока, а также уменьшением сопротивления нагрузочного резистора R2 в цепи якоря.

По указанию преподавателя, выбрать мощность нагрузки генератора постоянного тока (Резистор R2), состоящий из двух, параллельно соединенных резисторов R1 и R2 модуля «Активная нагрузка», установив галетные переключатели в соответствующие положения. Мощность, отдаваемая генератором в нагрузку, не должна превышать 90 Вт.

3.18 Включить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.19 Путем вращения ручки «Uвых» модуля «Модуль питания ДПТ», установить величину напряжения на обмотке возбуждения U_B , равной 220В. Данные считывать по вольтметру PV1.

3.20 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле «Преобразователь частоты» выбрать направление вращения «Вперед» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4кВт), и нажать кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n = 1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3.21 Снять показания со всех измерительных приборов, включая ваттметр и тахометр. Данные записать в таблицу 2.

Таблица 2

R2 = 0,5...5 кОм					
n, об/мин					
W, Вт					
U _B , В					
I _B , А					
U _я , В					
I _я , А					

3.22 Путем вращения ручки «MIN/MAX» модуля «Преобразователь частоты», ступенчато уменьшать число оборотов двигателя до минимальных, снимая данные со всех измерительных приборов (5-6 измерений). Данные занести в таблицу 2.

3.23 Изменяя сопротивление нагрузки R1 и R2 модуля «Активная нагрузка» в интервале от 0,5 до 5 кОм при фиксированном числе оборотов двигателя, снять данные со всех измерительных приборов (5-6 измерений). Данные занести в таблицу 3.

Таблица 3

n, об/мин				
R2, кОм	0,5	1	1,5	2
W, Вт				
Uв, В				
Iв, А				
Uя, В				
Iя, А				

3.22 Произвести остановку двигателя. Для этого на модуле «Преобразователь частоты» нажать кнопку «RUN/STOP».

3.23 Выключить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трёхфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.24 По данным таблиц 2, и 3. по указанию преподавателя, построить графики зависимостей числа оборотов двигателя и сопротивления нагрузки от величин тока, напряжения, мощности.

3.25 Вычислить коэффициент полезного действия двигателя (КПД):

$$\eta = \frac{P_1}{P_2},$$

где P_1 – потребляемая мощность; P_2 – мощность на валу.

4 Сделать выводы по работе.

Лабораторная работа №9 Исследование трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при соединении обмоток статора в «треугольник»

Цель работы: исследовать режим пуска асинхронного двигателя; снять и построить рабочие характеристики трёхфазного асинхронного двигателя в режиме холостого хода и под нагрузкой.

Порядок выполнения работы:

1 Изучить техническое описание.

2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «О»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).

3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект поставки стенда.

4 Подключить защитное заземление

5 Подключить модули стенда к сети -220В 50Гц.

6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.

7 Провести эксперимент.

8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.

9 Составить отчет по лабораторной работе.

3 Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Реостат возбуждения ДПТ», «Трёхфазный измеритель», «Силовой модуль», «Измеритель напряжений и частот»;

- электромашинный агрегат.

3.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на Рисунке 1

3.2 Собрать схему

3.3 Представить схему для проверки преподавателю.

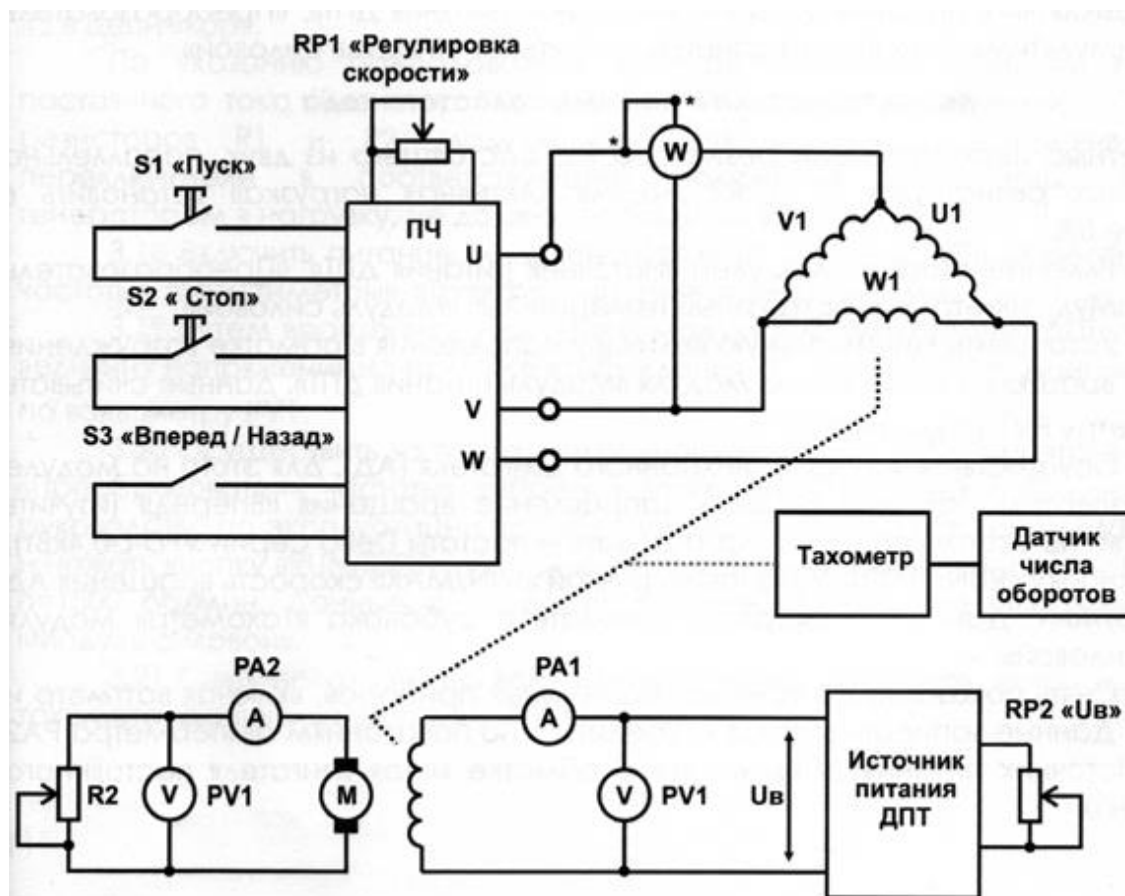


Рисунок 1. Схема электрическая принципиальная

Пробный пуск двигателя

3.4 Включить питание модулей: «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.5 Путем вращения ручки «Uвых» модуля «Источник питания ДПТ» (Источник 1) в крайнее левое положение, установить минимальное значение напряжения в обмотке возбуждения U_v .

3.6 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле «Преобразователь частоты» выбрать направление движения «Вперед» (изучит; руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4кВт) и нажать кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n = 1000$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3.7 Проверить направление вращения, работу вращающихся частей двигателя и вращающихся и движущихся частей механизма, действие пусковой аппаратуры.

3.8 Остановить двигатель, нажав на модуле «Преобразователь частоты» на кнопку «RUN/STOP». При этом двигатель должен остановиться. Переключить направление вращения в положение «Назад» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя

частоты Delta серии VFD-L-0,4кВт) и снова нажать кнопку «RUN/STOP» – направление вращения двигателя должно измениться. Регулировать ручкой «MIN/MAX» число оборотов двигателя и наблюдать за изменением показаний числа оборотов по тахометру. Нажать кнопку «RUN/STOP: для остановки двигателя.

3.9 Выключить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

Механические и рабочие характеристики при соединении обмоток двигателя в «треугольник»

Механической нагрузкой АД является двигатель постоянного тока в режиме генератора. Увеличение тормозящего момента механической нагрузки достигается увеличением напряжения обмотки возбуждения двигателя постоянного тока, а также уменьшением сопротивления нагрузочного резистора R2 в цепи якоря.

3.10 Собрать схему на рисунке 1.

3.11 Представить схему для проверки преподавателю.

3.12 По указанию преподавателя, выбрать мощность нагрузки генератора постоянного тока (Резистор R2), состоящий из двух, параллельно соединенных резисторов R1 и R2 модуля «Активная нагрузка», установив галетные переключатели в соответствующие положения. Мощность, отдаваемая генератором в нагрузку, не должна превышать 90 Вт.

3.13 Включить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.14 Путем вращения ручки «Uвых» модуля «Модуль питания ДПТ», установить величину напряжения в обмотке возбуждения, равной 220В. Данные считывать по вольтметру PV1.

3.15 Осуществить запуск асинхронного двигателя (АД). Для этого на модуле «Преобразователь частоты» выбрать направление вращения «Вперед» (изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты Delta серии VFD-L-0,4КВТ), и нажать кнопку «RUN/STOP». Установить ручкой «MIN/MAX» скорость вращения АД $n=1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с субблока «Тахометр» модуля «Модуль силовой».

3.16 Снять показания со всех измерительных приборов, включая трехфазный измеритель и тахометр. Данные записать в таблицу 1.

Таблица 1

R2, кОм					
n, об/мин					
W, Вт					
Uв, В					
Iв, А					

Uя, В					
Iя, А					
η					
M, Н•м					

3.17 Путем вращения ручки «MIN/MAX» модуля «Преобразователь частоты», ступенчато уменьшать число оборотов двигателя до минимальных, снимая данные со всех измерительных приборов (5-6 измерений). Данные занести в табл.3.4.

3.18 Изменяя сопротивление нагрузки R2 модуля «Реостаты возбуждения ДПТ» в интервале 0,5 до 5 кОм, при фиксированном числе оборотов двигателя, снять данные со всех измерительных приборов (5-6 измерений). Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

n, об/мин				
R2, кОм	0,1	0,2	0,7	1
W, Вт				
Uв, В				
Iв, А				
Uя, В				
Iя, А				
η				
M, Н•м				

3.37 Произвести остановку двигателя. Для этого на модуле «Преобразователь частоты» нажать кнопку «RUN/STOP».

3.38 Выключить питание модулей «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.39 Вычислить коэффициент полезного действия двигателя:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2}, \text{ где } P_1 - \text{потребляемая мощность; } P_2 - \text{мощность на валу.}$$

Данные занести в таблицы 1 и 2.

3.40 Вычислить момент на валу двигателя:

$$M = \frac{P_2}{\omega_2} = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n}, \text{ где } \omega_2 = \frac{2\pi \cdot n}{60} - \text{угловая частота вращения ротора;}$$

n – число оборотов вала двигателя. Данные занести в таблицы 1 и

2

3.41 По указанию преподавателя, на основе данных таблиц 1 и 2 построить графики зависимостей числа оборотов двигателя и сопротивления нагрузки от величин тока, напряжения, мощности: скоростная характеристик: $n = f(P_2)$; зависимость полезного момента на валу от полезной мощности

$M = f(P_2)$ и т.д. Сделать выводы. Построить механическую характеристику

$M = f(P_2)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

4 Сделать выводы по работе.

Практическая работа №10 Определение параметров тяговых генераторов переменного тока

Цель работы:

Приобретение навыков расчёта параметров тяговых генераторов переменного тока.

Задание для практической работы.

Тяговые генераторы переменного тока имеют параметры, значения которых приведены в таблице №1 (выбрать свой вариант).

1. Определить мощность дизеля, вращающего ротор генератора, P_d .
2. Определить реактивную мощность генератора, Q_{IG} .
3. Определить активную мощность генератора, P_{IG} .
4. Определить активную мощность, отдаваемую генератором нагрузке P_{2G} .
5. Определить число пар полюсов, p .
6. Определить суммарные потери мощности в генераторе, $P_{пот}$.
7. Рассчитанные параметры занести в таблицу № 2.

Таблица №1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тяговый генератор	ГС501 А	ГС515	ГС501	А714 А	А776	А717	А714	А714 А	ГС501 А	А713
Вращающий момент на валу дизеля, M_d , Н·М	21076,4	14044,6	28098,7	28098,7	42152,9	46836,5	28098,7	28098,7	21076,4	38320,8
Частота вращения, n , 1/мин	1000	1000	1000	1000	1000	900	1000	1000	1000	1100
Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	0,935	0,938	0,925	0,950	0,955	0,955	0,950	0,950	0,925	0,920
КПД генератора, η , %	95,9	95,8	95,9	95,8	96,0	95,5	95,8	95,9	95,9	95,0
Частота тока f , Гц	100	100	100	100	100	90	100	100	100	110

Методика расчёта.

1. Мощность дизеля
 $P_D = M_D \cdot \pi \cdot n / 60, \text{ Вт}$
2. Реактивная мощность генератора
 $Q_{1Г} = S_{1Г} \cdot \sqrt{(1 - \cos^2 \varphi)}, \text{ Вар},$ где $S_{1Г} = P_D$ (полная мощность генератора)
3. Активная мощность генератора
 $P_{1Г} = S_{1Г} \cdot \cos \varphi, \text{ Вт}$
4. Активная мощность, отдаваемая генератором нагрузке
 $P_{2Г} = P_{1Г} \cdot \eta, \text{ Вт}$
5. Число пар полюсов
 $p = 60f / n$
6. Суммарные потери мощности в генераторе
 $P_{\text{пот}} = P_{1Г} \cdot (1 - \eta), \text{ Вт},$ где η в долях единицы (в задании КПД дан в процентах).

Таблица №2

$P_D, \text{ кВт}$	$Q_{1Г}, \text{ кВар}$	$P_{1Г}, \text{ кВт}$	$P_{2Г}, \text{ кВт}$	p	$P_{\text{пот}}, \text{ кВт}$

Лабораторная работа №11 Исследование асинхронного генератора

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия асинхронной машины в режиме генератора, изучить основные характеристики и методы их экспериментального определения в нагруженном режиме и в режиме холостого хода

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить техническое описание.
- 2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «О»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).
- 3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект поставки стенда.
- 4 Подключить защитное заземление
- 5 Подключить модули стенда к сети -220В 50Гц.
- 6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.
- 7 Провести эксперимент.
- 8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.
- 9 Составить отчет по лабораторной работе.

3 Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Источник питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Активная нагрузка», «Трёхфазный измеритель», «Силовой модуль», «Конденсаторы»;
- электромашинный агрегат.

3.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на Рисунке 1

3.2 Собрать схему

3.3 Представить схему для проверки преподавателю.

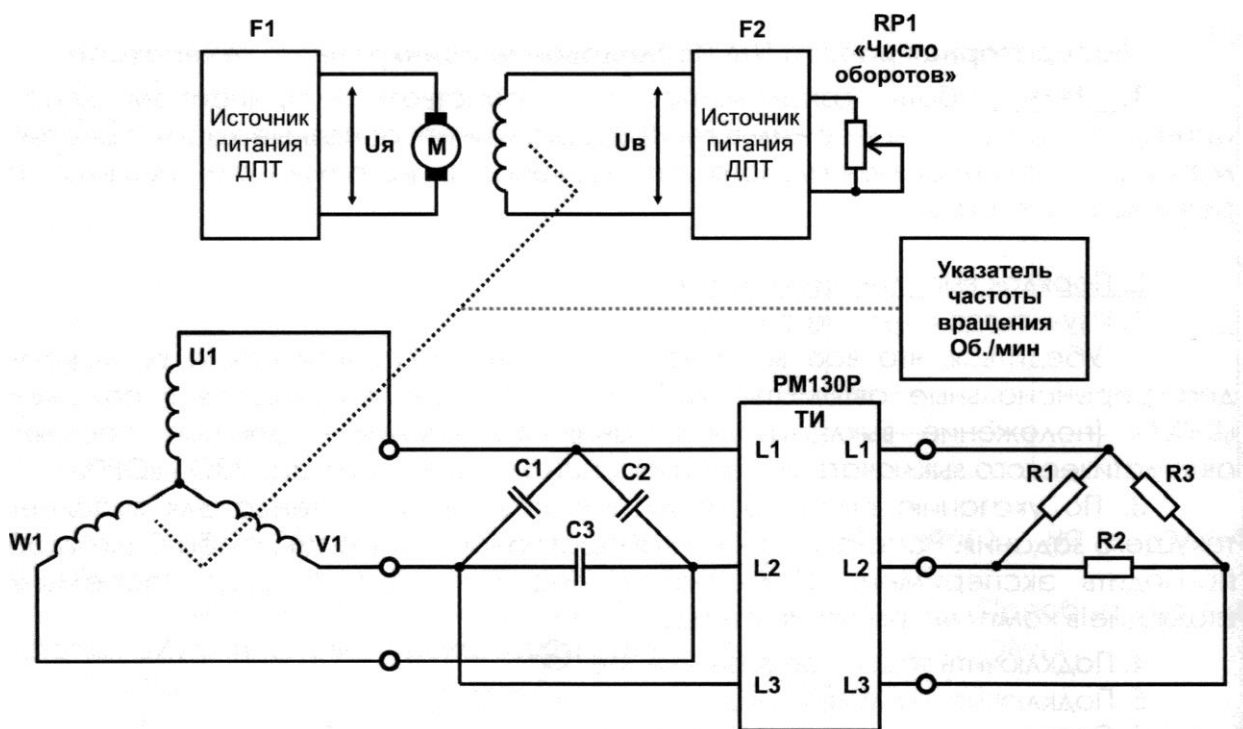


Рисунок 1. Схема электрическая принципиальная

Характеристики в режиме холостого хода

3.4 Галетные переключатели Резисторов RJ-R3 модуля «Активная нагрузка» перевести в положение 0%.

3.5 Выставить ручки « $U_{\text{вых}}$ » модуля «Модуль питания ДПТ» в крайнее левое положение, что соответствует минимальному напряжению $U_{\text{я}}$ и $U_{\text{в}}$ на обмотках якоря и возбуждения.

3.6 Включить питание модулей «Модуль питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.7 Вращая ручку « $U_{\text{вых}}$ » цепи питания обмотки возбуждения, выставить значение напряжения $U_{\text{в}}=220\text{В}$. Плавное вращение ручки « $U_{\text{вых}}$ » цепи питания якоря, выставить значение напряжения $U_{\text{я}}=220\text{В}$. Данные о скорости снимать с модуля «Тахометр».

3.8 Снять показания трехфазного измерителя РМ130Р и тахометра. Данные записать в таблицу 1.

3.9 Путем вращения ручки « $U_{\text{вых}}$ » цепи питания якоря, постепенно уменьшая число оборотов двигателя, снять данные с измерительных приборов (5-6 измерений). Данные занести в таблицу 1.

3.10 Выставить ручки « $U_{\text{вых}}$ » модуля «Модуль питания ДПТ» в крайнее левое положение, что соответствует минимальному напряжению $U_{\text{я}}$ и $U_{\text{в}}$ на обмотках якоря и возбуждения, тем самым произведя остановку двигателя.

3.11 Выключить питание модулей «Модуль питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.12 По указанию преподавателя, на основе данных таблицы 1, построить графики зависимости числа оборотов от величин тока, напряжения, мощности, $\cos \varphi$ и т.д. Сделать выводы.

Таблица 1

n , об/мин						
Фаза U	U_U, B					
	I_U, A					
	P_U, Bm					
Фаза V	U_V, B					
	I_V, A					
	P_V, Bm					
Фаза W	U_W, B					
	I_W, A					
	P_W, Bm					
Σ	P_{Σ}, Bm					
	$\cos \varphi_{\Sigma}$					

Рабочие характеристики

3.13 Галетные переключатели резисторов R1-R3 модуля «Активная нагрузка» перевести в положение 0%.

3.14 Выставить ручки «Увых» модуля «Модуль питания ДПТ» в крайнее левое положение, что соответствует минимальному напряжению U_A и U_B на обмотках якоря и возбуждения.

3.15 Включить питание модулей «Модуль питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

3.16 Вращая ручку «Увых» цепи питания обмотки возбуждения, выставить значение напряжения $U_B = 220B$. Плавно вращая ручку «Увых» цепи питания якоря, выставить значение числа оборотов $n = 1500$ об/мин. Данные о скорости снимать с тахометра.

3.16 По указанию преподавателя, при помощи галетных переключателей резисторов R1-R3 модуля «Активная нагрузка» выбрать мощность нагрузки.

3.17 Снять показания трехфазного измерителя РМ130Р и тахометра. Данные записать в таблицу 2.

3.18 Постепенно уменьшая напряжение якоря U_A , снять данные измерительных приборов (5-6 измерений). Данные занести в таблицу 3.

3.19 Выставить номинальное число оборотов двигателя $n = 1500$ об/мин.

3.20 Изменяя величины нагрузочных резисторов R1...R3 модуля «Активная нагрузка» в диапазоне 20...90 Вт., снять показания с измерителя РМ130Р измерений). Данные занести в таблицу 3.

3.21 Выключить питание модулей «Модуль питания ДПТ», «Преобразователь частоты», «Мультиметры», «Трехфазный измеритель», «Модуль силовой».

Таблица 2

$R_H=20...90 \text{ Вт}$						
$n, \text{ об/мин}$						
Фаза U	$U_U, \text{ В}$					
	$I_U, \text{ А}$					
	$P_U, \text{ Вт}$					
Фаза V	$U_V, \text{ В}$					
	$I_V, \text{ А}$					
	$P_V, \text{ Вт}$					
Фаза W	$U_W, \text{ В}$					
	$I_W, \text{ А}$					
	$P_W, \text{ Вт}$					
Σ	$P_{\Sigma}, \text{ Вт}$					
	$\cos \varphi_{\Sigma}$					

Таблица 3

$n, \text{ об/мин.}$									
P_H, Bm		20	30	40	50	60	70	80	90
Фаза U	U_U, B								
	I_U, A								
	P_U, Bm								
Фаза V	U_V, B								
	I_V, A								
	P_V, Bm								
Фаза W	U_W, B								
	I_W, A								
	P_W, Bm								
Σ	P_{Σ}, Bm								
	$\text{Cos } \varphi_{\Sigma}$								

3.22 По указанию преподавателя, на основе данных таблицы 3, построить графики зависимостей значений числа оборотов генератора от тока, напряжения, мощности, $\cos \varphi$ и т.д. Сделать выводы.

3 Сделать выводы по работе

Практическая работа №12 Изучение конструкции трансформатора

Цель работы: изучить конструкцию трансформатора, ознакомиться с конструктивными деталями и их назначением

Порядок выполнения работы:

- 1) зарисовать трансформатор;
- 2) выяснить назначение основных узлов трансформатора;
- 3) ответить на контрольные вопросы;
- 4) сделать вывод по практической работе.

Трансформатором называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.

Устройство трансформатора.

Современный трансформатор состоит из различных конструктивных элементов: магнитопровода, обмоток, вводов, бака и др.

Магнитопровод с насаженными на его стержни обмотками составляет **активную часть** трансформатора. Остальные элементы трансформатора называют **неактивными** (вспомогательными) **частями**. Рассмотрим подробнее конструкцию основных частей трансформатора.

Магнитопровод.

Магнитопровод в трансформаторе выполняет две функции: во первых, он составляет магнитную цепь, по которой замыкается основной магнитный поток трансформатора, а во-вторых он является основой для установки и крепления обмоток, отводов, переключателей.

Магнитопровод имеет шихтованную конструкцию, т. е. он состоит из тонких (обычно толщиной 0,5 мм) стальных пластин, покрытых с двух сторон изолирующей пленкой (например, лаком). Такая конструкция магнитопровода обусловлена стремлением ослабить вихревые токи, наводимые в нем переменным магнитным потоком, а следовательно, уменьшить величину потерь энергии в трансформаторе.

Силовые трансформаторы выполняются с магнитопроводами трех типов: стержневого, броневого и бронестержневого.

В магнитопроводе стержневого типа (рисунок 1а) вертикальные стержни 1, на которых расположены обмотки 2, сверху и снизу замкнуты ярмами 3. На каждом стержне расположены обмотки соответствующей фазы и проходит магнитный поток этой фазы: в крайних стержнях — потоки Φ_A и Φ_C , а в среднем стержне — поток Φ_B

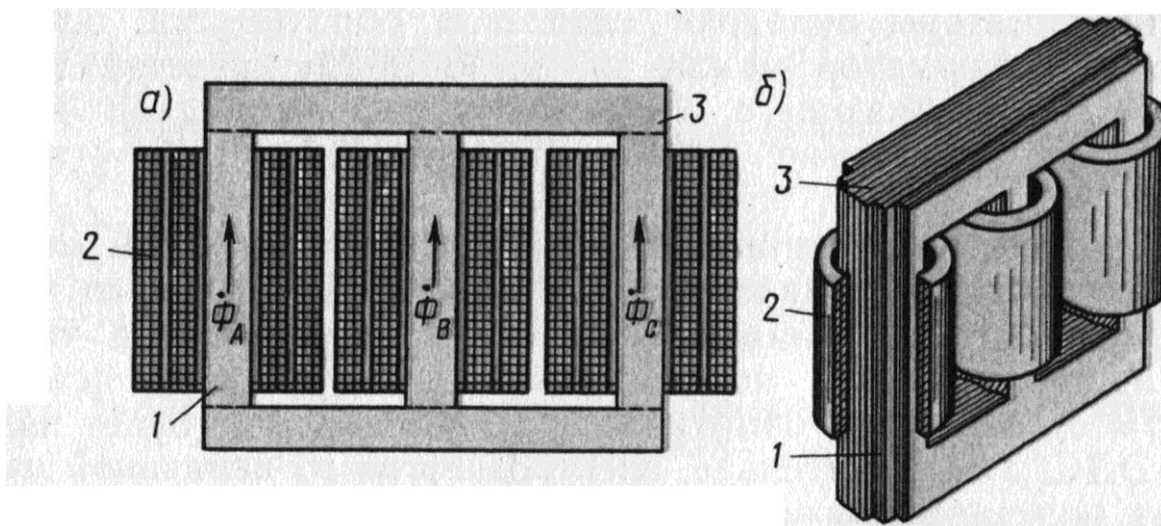


Рисунок 1. Магнитопровод трехфазного трансформатора стержневого типа с обмотками

Магнитопровод *броневого типа* представляет собой разветвленную конструкцию со стержнем и ярами, частично прикрывающими («бронирующими») обмотки (рисунок 2). Магнитный поток в стержне магнитопровода броневого типа в два раза больше, чем в ярах, каждое из которых имеет сечение, вдвое меньшее сечения стержня. Из-за технологической сложности изготовления магнитопроводы броневого типа не получили широкого распространения, их применяют лишь в силовых трансформаторах весьма малой мощности.

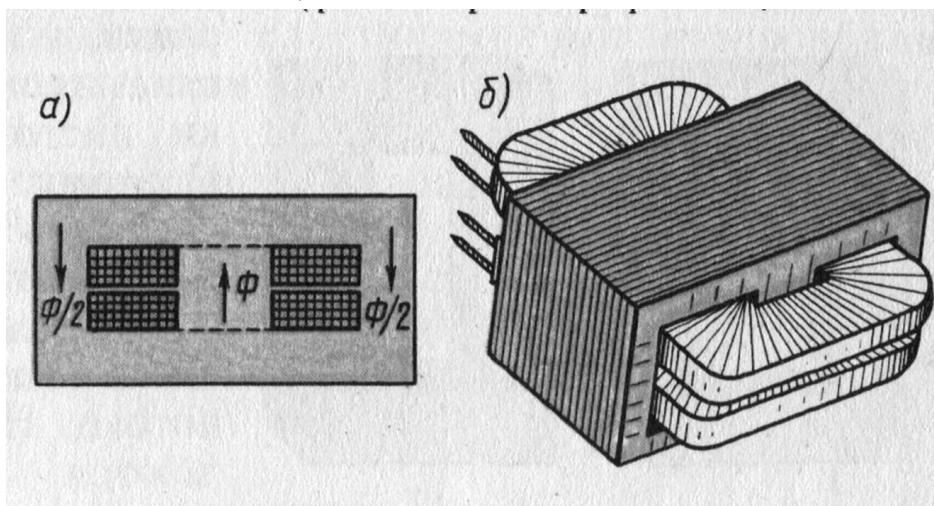


Рисунок 2. Однофазный трансформатор броневого типа: а) устройство; б) внешний вид.

В трансформаторах большой мощности применяют *бронестержневую конструкцию* (рисунок 3).

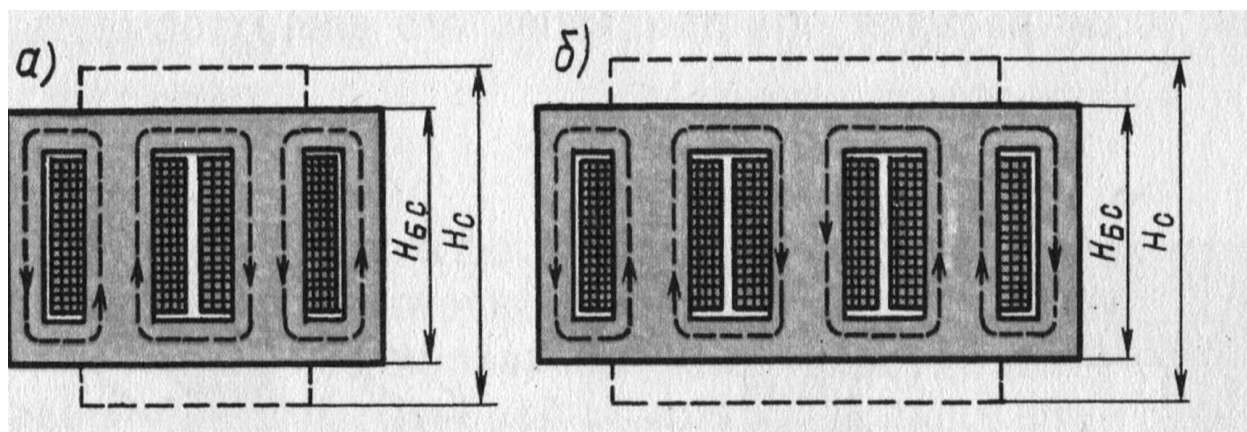


Рисунок 3. Магнитопровод бронестержневых трансформаторов:
а) однофазного; б) трёхфазного

Обмотки.

Обмотки трансформаторов средней и большой мощности выполняют из обмоточных проводов круглого или прямоугольного сечения, изолированных хлопчатобумажной пряжей или кабельной бумагой. Основой обмотки в большинстве случаев является бумажно-бакелитовый цилиндр.

Вводные изоляторы.

Обмотки трансформатора с внешней цепью соединяют вводами, изолированными от конструктивных частей трансформатора вводными изоляторами, которые у силовых трансформаторов выполнены из фарфора.

Если трансформатор с масляным охлаждением, то магнитопровод с обмотками помещается в бак с трансформаторным маслом (рисунок 4).

На рисунке 4: 1— магнитопровод; 2,3— обмотки; 4—стенки бака; 5—трубы радиатора охлаждения; 6—рукоятка переключателя напряжений; 7,8—вводы с вводными изоляторами; 9— расширительный бак.

Трансформаторное масло, омывая обмотки и магнитопровод, отбирает от них теплоту и через стенки бака и трубы радиатора отдаёт её в окружающую среду.

Для компенсации объёма масла при изменении температуры, а также для защиты масла от окисления и увлажнения при контакте с воздухом в трансформаторах применяют расширительный бак.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен трансформатор
- 2 Из каких частей состоит активная часть трансформатора.
- 3 Каково назначение магнитопровода.

4 Каково назначение трансформаторного масла.

5 Для чего служит расширительный бак.

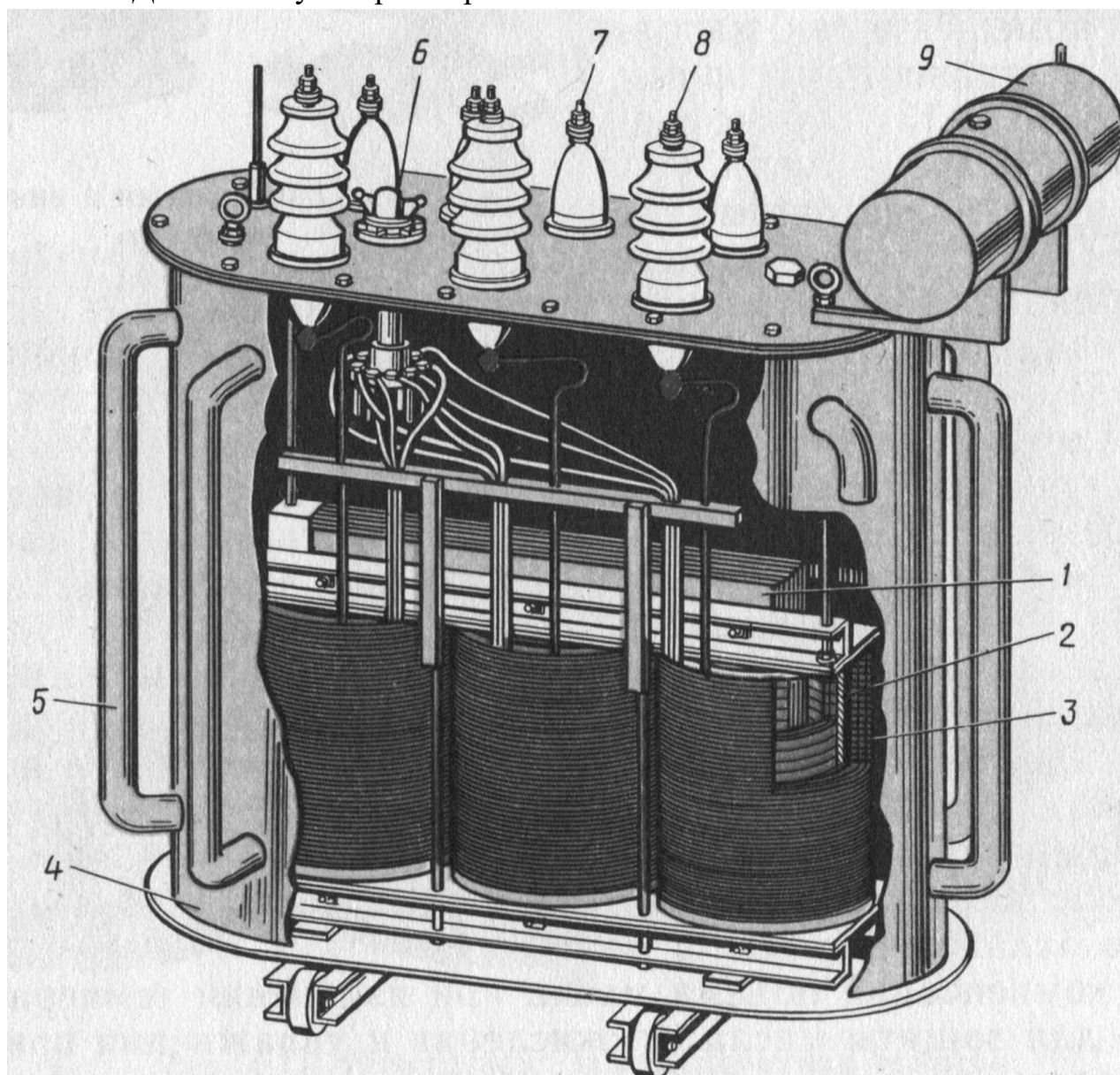


Рисунок 4. Устройство трансформатора с масляным охлаждением

Вывод по работе

Практическая работа №13 Расчёт трансформатора

Цель работы: Приобретение навыков расчёта конструктивных элементов однофазных трансформаторов

Задание для практической работы.

Трансформатор должен иметь следующие параметры: $U_1=220$ В (напряжение на первичной обмотке); U_2 (напряжение на вторичной обмотке) и P_2 (мощность во вторичной обмотке) необходимо выбрать в таблице №1 для своего варианта; $\eta = 80\%$ (КПД трансформатора).

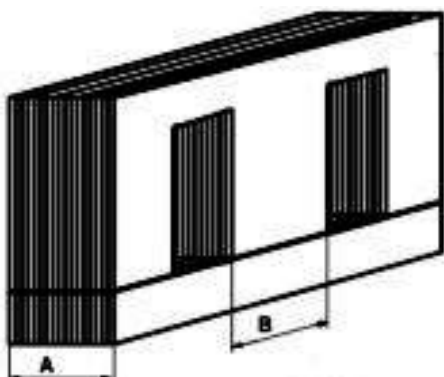


Таблица №1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_2 , В	36	36	36	36	36	27	27	27	27	27
P_2 , Вт	60	55	50	45	40	60	55	50	45	40

8. Определить площадь поперечного сечения стержня магнитопровода, $S_{ст}$.

9. Определить количество витков первичной обмотки, W_1 .

10. Определить сечение провода первичной обмотки, S_1 .

11. Определить количество витков вторичной обмотки, W_2 .

12. Определить сечение провода вторичной обмотки, S_2 .

13. Рассчитанные параметры занести в таблицу № 3.

Методика расчёта.

1. Мощность, потребляемая трансформатором от сети с учетом потерь

$$P_1 = P_2 \cdot 100 / \eta, \text{ Вт}$$

2. Площадь поперечного сечения стержня магнитопровода

$$S_{ст} = 1,2 \cdot \sqrt{P_1}, \text{ см}^2$$

3. Число витков на один вольт

$$w = 50/S$$

4. Число витков в первичной обмотке

$$w_1 = 1,07 \cdot U_1 \cdot w \text{ (округляем полученное значение до целых)}$$

5. Число витков во вторичной обмотке

$$w_2 = 1,07 \cdot U_2 \cdot w \text{ (округляем полученное значение до целых)}$$

6. Величина тока в первичной обмотке трансформатора

$$I_1 = P_1 / U_1, \text{ А}$$

7. Величина тока во вторичной обмотке трансформатора

$$I_2 = P_2 / U_2, \text{ А}$$

8. Диаметр провода для первичной обмотки

$$d_1 = 0,8 \cdot \sqrt{I_1}, \text{ мм}$$

9. Диаметр провода для вторичной обмотки

$$d_2 = 0,8 \cdot \sqrt{I_2}, \text{ мм}$$

10. Для п.8, п.9 по таблице №2 выбираем наименьший провод, больше расчётного

Таблица №2

Номинальный диаметр (по меди) в мм.	Площадь поперечного сечения в мм.кв.	Электрическое сопротивление 1 метра в Ом.	Масса 1 км. провода в Кг.
0,08	0,005	3,43	0,0464
0,1	0,00785	2,196	0,0727
0,15	0,01767	0,976	0,162
0,2	0,0314	0,549	0,287
0,25	0,049	0,351	0,446
0,3	0,070	0,244	0,645
0,355	0,099	0,174	0,899
0,4	0,1256	0,137	1,14
0,45	0,159	0,108	1,44
0,5	0,196	0,0878	1,178
0,56	0,246	0,070	2,23
0,6	0,282	0,061	2,56
0,7	0,395	0,043	3,59
0,8	0,502	0,034	4,54
0,9	0,636	0,027	5,74
1,0	0,785	0,021	7,09
1,12	0,985	0,0175	8,89
1,25	1,227	0,014	11,0
1,5	1,767	0,00976	15,9
1,7	2,269	0,0076	20,4
2,0	3,146	0,0055	28,2

11. Результаты расчётов занести в таблицу №3.

Таблица №3

Площадь поперечного сечения стержня $S_{ст}, \text{см}^2$	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
	Число витков w_1	Сечение провода $S_1, \text{мм}^2$	Число витков w_2	Сечение провода $S_2, \text{мм}^2$

Лабораторная работа №14 Исследование однофазного трансформатора

Цель работы: ознакомиться с устройством трансформатора, усвоить практические приёмы лабораторного исследования трансформатора методом холостого хода и короткого замыкания.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить техническое описание.
- 2 Убедиться, что все выключатели, кнопки, автоматические выключатели, дифференциальные автоматы, УЗО модулей стенда находятся в положении «ВЫКЛ» (положение выключателя питания «О»; кнопки - отжатое состояние; автоматического выключателя, дифференциального автомата, УЗО - «OFF»).
- 3 По указанию преподавателя, выбрать модули стенда для выполнения текущего задания. Расставить их на лабораторной стойке так, чтобы было удобно проводить эксперимент. Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект поставки стенда.
- 4 Подключить защитное заземление
- 5 Подключить модули стенда к сети -220В 50Гц.
- 6 Соединить модули стенда согласно схеме соединений.
- 7 Провести эксперимент.
- 8 Отключить модули от сети -220В 50Гц.
- 9 Составить отчет по лабораторной работе.

3 Порядок проведения эксперимента:

В работе используются:

- модули: «Модуль питания стенда», «Автотрансформатор регулируемый», «Тр

Часть 1

Определение коэффициента трансформации

3.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на рис.

3.1.

3.2 Собрать схему на рис.3.1. Схема, представленная на рис.3.1, является базовой. В данном эксперименте активная нагрузка не используется.

3.3 Представить схему для проверки преподавателю.

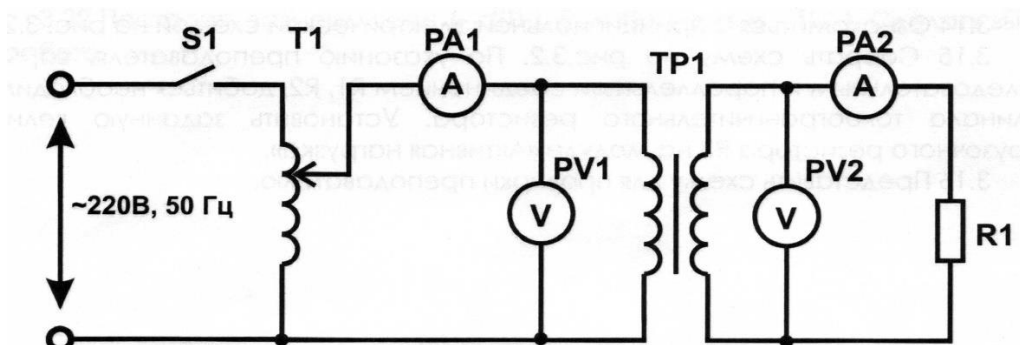


Рисунок 3.1 Схема электрическая принципиальная

3.4 Включить автомат дифференциальной защиты и нажать кнопку «ВКЛ» модуля «Модуль питания стенда».

3.5 Включить питание модулей «Трехфазный измеритель», «Мультиметры», «Трехфазная трансформаторная группа».

3.6 Вращая ручку ЛАТРа модуля «Автотрансформатор регулируемый» устанавливать значение напряжения U_1 в соответствии с таблицей 3.1.

3.7 С помощью измерительных приборов снять следующие параметры трансформатора Т2: PA1 - ток I_1 холостого хода первичной обмотки трансформатора, PV1 - напряжение U_1 первичной обмотки трансформатора, PV2 - напряжение U_2 вторичной обмотки. Данные занести в табл.3.1.

Таблица 3.1

$U_1, В$	$U_2, В$	$I_1, мА$	K_{TP}	$P_1, Вт$
0				
20				
40				
60				
80				
...				
230				

3.8 Выключить питание модулей «Трехфазный измеритель», «Мультиметры», «Трехфазная трансформаторная группа», и нажать кнопку «ВЫКЛ.» модуля «Трехфазный источник питания». Выключить дифференциальный автомат.

3.8 Вычислить коэффициент трансформации однофазного

$$\text{трансформатора: } K_{TP} = \frac{U_1}{U_2}$$

и активную мощность P_1 , потребляемую первичной обмоткой.

3.9 Данные занести в табл.3.1.

Снятие характеристик холостого хода

3.10 Пользуясь данными таблицы 3.1, построить зависимость $I_1 = f(U_1)$.

3.11 Пользуясь данными таблицы 3.1, построить зависимость $I_1 = f(P_1)$.

3.12 Сделать выводы по работе.

Часть 2

Снятие характеристик короткого замыкания однофазного трансформатора

1.1 Ознакомиться с принципиальной электрической схемой на рисунке 3.2

4.2 Собрать схему по рисунку 3.2. По указанию преподавателя, варьируя последовательным и параллельным соединением $R1$, $R2$, добиться необходимого номинала токоограничительного резистора. Установить заданную величину нагрузочного резистора $R3$ на модуле «Активная нагрузка».

4.3 Представить схему для проверки преподавателю.

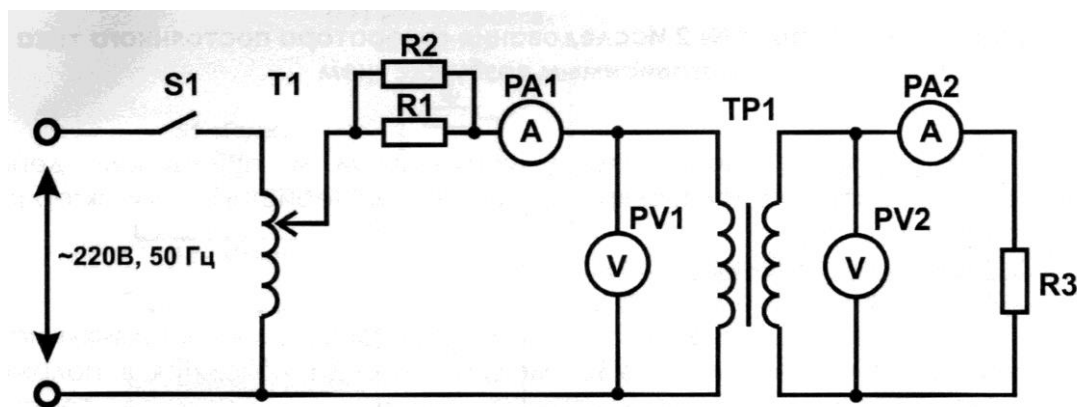


Рисунок 3.2 Схема электрическая принципиальная

4.4 Включить дифференциальный автомат и нажать кнопку «ВКЛ.» модуля «Трёхфазный источник питания».

4.5 Включить модули: «Трёхфазный измеритель», «Мультиметры», «Трёхфазная трансформаторная группа».

4.6 С помощью перемычки замкнуть накоротко резистор $R3$ при первичном напряжении на $T1$, пониженном на столько, чтобы токи в обмотках не превысили их номинальные значения.

4.7 С помощью измерительных приборов снять следующие параметры $TP1$: ток первичной обмотки, напряжение первичной обмотки, напряжение вторичной обмотки, ток вторичной обмотки. Данные занести в таблицу 4.1

Таблица 4.1

№	$U_1, В$	$I_1, А$	$P_1, Вт$	$\cos \varphi$	$U_K, \%$

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{U_1 \times I_1}$$

$$U_K = \frac{U_1}{220} \times 100\%$$

3.21 Выключить модули: «Трёхфазный измеритель», «Мультиметры», «Трёхфазная трансформаторная группа», и нажать кнопку «ВЫКЛ.» модуля «Трёхфазный источник питания». Выключить дифференциальный автомат.

3.22 Построить зависимости: $I_1 = f(U_1)$, $P_1 = f(U_1)$, $\cos \varphi = f(U_1)$

3.23 Сделать выводы по работе.