

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ

МДК 01.01 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

по специальности

13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования (по отраслям)»

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Организация-разработчик: ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Разработчик:

Кудряшова Т.А., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ
СО «Богдановичский политехникум», г. Богданович

Рассмотрено на заседании Методического совета

протокол № ____ от «__» _____ 2022 г.

Председатель: _____ / Е.В. Снежкова

СОДЕРЖАНИЕ

1 Пояснительная записка	4
2 Перечень лабораторных работ	6
Лабораторная работа №1 Опытное определение параметров однофазного трансформатора	7
Лабораторная работа 2 Исследование силового трансформатора методом холостого хода	13
Лабораторная работа 3 Исследование трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки.	18
Лабораторная работа 4 Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения.	21
3 Критерии оценки отчетных работ	25
4 Рекомендуемые источники информации	26
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Правила выполнения лабораторных работ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Техника безопасности при работах в лаборатории	28

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 «Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования»

Лабораторные занятия являются одним из важнейших элементов учебного процесса. При проведении лабораторных занятий преследуются три основные цели: возможность на практике убедиться в теоретических положениях; развитие творческого мышления (критическое осмысление результатов эксперимента); пробудить любознательность и воображение студента. Приобретенные практические навыки при выполнении лабораторных работ не могут быть восстановлены другими видами учебных занятий.

Результатом выполнения лабораторных работ является овладение обучающимися видом деятельности Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования:

в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.2	Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.3.	Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.
ОК 1	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам
ОК 2	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 3.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 4.	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 5.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 6.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ОК 11	Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере

Программой ПМ.01 предусмотрено выполнение трех лабораторных работ.

В методических рекомендациях к лабораторным работам приведены необходимые теоретические сведения, порядок проведения работы, содержание отчета.

Предварительная подготовка обучающихся к лабораторной работе, понимание ее цели и содержания – важнейшее условие качественного выполнения работ. Поэтому прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, обучающиеся должны:

- ✓ изучить содержание работы и порядок ее выполнения;
- ✓ повторить теоретический материал, связанный с выполнением данной работы.

Завершается лабораторная работа составлением отчета, который должен содержать все необходимые результаты и выводы.

По лабораторной работе сдается зачет в форме собеседования.

Зачет по лабораторным работам является обязательным для получения допуска к экзамену.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Тема	Вид, название и краткое содержание задания	Планируемые часы на выполнение внеаудиторной работы	Форма отчетности и контроля
	Лабораторная работа №1 Опытное определение параметров однофазного трансформатора <u>Цель работы:</u> - изучить устройство и принцип действия однофазного трансформатора, схему замещения трансформатора и определить ее параметры	2	отчетная работа №1, собеседование
1	Лабораторная работа №2 Исследование силового трансформатора методом холостого хода <u>Цель работы:</u> - ознакомиться с назначением, устройством и основными характеристиками трехфазного трехстержневого трансформатора	2	отчетная работа №2, собеседование
3	Лабораторная работа №3 Исследование трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки. <u>Цель работы:</u> - ознакомиться с особенностями устройства трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и исследовать основные свойства этого двигателя путем снятия рабочих характеристик	4	отчетная работа №3, собеседование
4	Лабораторная работа №4 Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения. <u>Цель работы:</u> - изучение устройства генератора постоянного тока независимого возбуждения и приобретение навыков экспериментального исследования его основных характеристик	2	отчетная работа №4, собеседование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Опытное определение параметров однофазного трансформатора

Цель работы: изучить устройство и принцип действия однофазного трансформатора, схему замещения трансформатора и определить ее параметры

Оборудование: - автотрансформатор, тумблер включения автотрансформатора, трансформатор, индуктивно-активная нагрузка, конденсатор переменной ёмкости, ваттметр, амперметры, вольтметры.

Краткие теоретические сведения

Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или большее число индуктивно связанных обмоток и предназначенное для преобразования, посредством электромагнитной индукции, одной или нескольких систем переменных токов и напряжений, в одну или несколько других систем переменных токов и напряжений, как правило, той же частоты.

Простейший трансформатор состоит из магнитопровода и двух расположенных на нем обмоток. Обмотки электрически не связаны друг с другом. Одна из обмоток - первичная, подключена к источнику переменного тока. К другой обмотке - вторичной подключают потребитель.

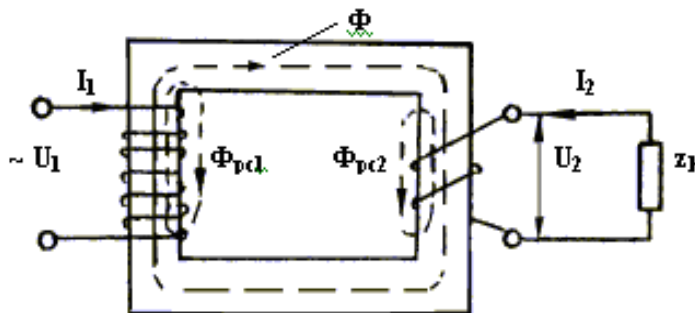


Рисунок 1.1 - Принципиальная схема трансформатора.

Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. При подключении первичной обмотки к источнику переменного тока в витках этой обмотки протекает переменный ток I_1 , который создает в магнитопроводе переменный магнитопоток Φ . Замыкаясь в магнитопроводе, этот поток пронизывает обе обмотки, индуцируя в них ЭДС:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Из этих формул следует, что вычисленные ЭДС e_1 и e_2 могут отличаться друг от друга числами витков в обмотках. Применяя обмотки с различным соотношением витков, можно изготовить трансформатор на любое отношение напряжений.

Первичная обмотка трансформатора с числом витков ω_1 - обмотка трансформатора, включаемая в электрическую сеть переменного тока.

Вторичная обмотка трансформатора с числом витков ω_2 - обмотка трансформатора, к которой подключают приемник электрической энергии.

При подключении ко вторичной обмотке нагрузки Z_H в цепи потечет ток I_2 и на

выводах вторичной обмотки установится напряжение U_2 .

Обмотка трансформатора, подключенная к сети с более высоким напряжением, называется обмоткой высшего напряжения (ВН).

Обмотка, присоединенная к сети меньшего напряжения, называется обмоткой низшего напряжения (НН).

Трансформаторы - обратимые аппараты, т.е. могут работать как повышающими, так и понижающими.

Основными частями трансформатора являются его магнитопровод и обмотки. Магнитопровод выполняется из тонких листов электротехнической стали. Перед сборкой листы изолируются друг от друга лаком или окалиной. Это дает возможность в значительной мере ослабить в нем вихревые токи и уменьшить потери на перемагничивание.

Номинальные данные трансформатора:

- полная мощность S_n ,
- напряжения первичной обмотки U_{1n} ,
- напряжения вторичной обмотки U_{2n} ,
- ток первичной обмотки I_{1n} ,
- ток вторичной обмотки I_{2n} ,
- КПД η_n ,
- частота сети f .

Эти данные приводят на заводском щитке (паспорте). Там же указывают значения тока холостого хода I_0 в первичной обмотке в процентах от I_{1n} и напряжение испытательного короткого замыкания u_k в процентах от U_{1n} . Для многофазных трансформаторов указывают схемы соединения обмоток и группу соединений, например, для трехфазного двухобмоточного трансформатора может быть записано Y/Y-0 или Y/ Δ -11, где цифра означает группу соединений.

Под номинальной мощностью понимают полную мощность трансформатора.

$$S_n = U_n I_n = U_{1n} I_{1n}. \quad (1.1)$$

где U_{1n} и I_{1n} - фазные напряжение и ток в первичной обмотке.

U_{1ln} и I_{1ln} - линейные напряжение и ток в первичной обмотке.

Номинальное вторичное напряжение — это напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостого хода трансформатора (при $I_2=0$), для фазных напряжений

$$U_{2n} = U_{20}. \quad (1.2)$$

За номинальный вторичный ток условно принимают ток, рассчитанный по номинальной мощности при номинальном вторичном напряжении. Для однофазного трансформатора

$$I_{2n} = S_n / U_{2n} \quad (1.3)$$

ЭДС, индуцированная в первичной и вторичной обмотках главным (основным) магнитным потоком, замыкающимся по магнитопроводу,

$$e_1 = -\omega_1 \frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{2} E_1 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \quad (1.4)$$

$$e_2 = -\omega_2 \frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{2}E_2 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right),$$

где $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ - главный магнитный поток.

Действующие и комплексные значения ЭДС, индуцированные главным магнитным потоком:

$$E_1 = 4,44f\omega_1\Phi_m, \quad \underline{E}_1 = -j4,44f\omega_1\underline{\Phi}_m, \quad (1.5)$$

$$E_2 = 4,44f\omega_2\underline{\Phi}_m, \quad \underline{E}_2 = -j4,44f\omega_2\underline{\Phi}_m.$$

ЭДС рассеяния в первичной и вторичной обмотках:

$$\underline{E}_{1pac} = -jX_1\underline{I}_1, \quad \underline{E}_{2pac} = -jX_2\underline{I}_2 \quad (1.6)$$

где $X_1 = 2\pi fL_{1pac} = \omega L_{1pac}$ и $X_2 = 2\pi fL_{2pac} = \omega L_{2pac}$ - индуктивные сопротивления, а L_{1pac} и L_{2pac} - индуктивности первичной и вторичной обмоток, обусловленные магнитными потоками рассеяния.

На рисунке 1.2 представлена замещения трансформатора

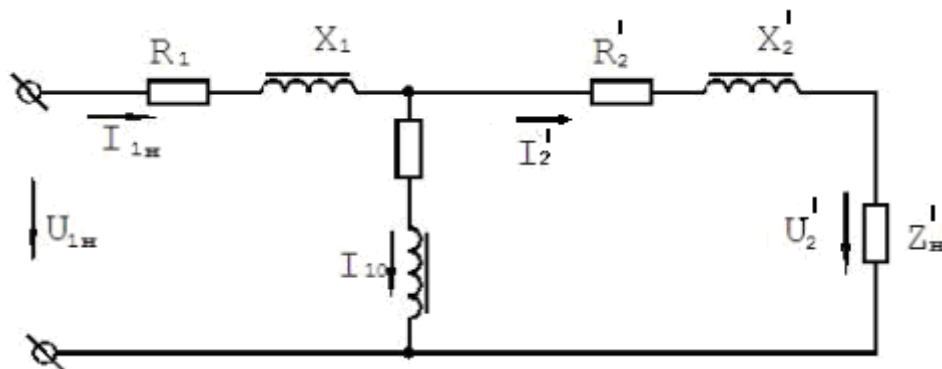


Рисунок 1.2 - Схема замещения трансформатора

Элементы схемы замещения

- R_1 и X_1 - активное и индуктивное сопротивление рассеяния первичной обмотки.
- R_2' и X_2' - активное и индуктивное сопротивление приведенной вторичной обмотки.
- Z_H' - полное сопротивление нагрузки приведенной вторичной обмотки трансформатора.
- R_2' , X_2' и Z_H' - называют приведенными параметрами вторичной обмотки схемы замещения трансформатора.

Связь между параметрами вторичной обмотки реального и приведенного трансформаторов:

$$U_2' = nU_2; \quad I_2' = \frac{1}{n}I_2; \quad (1.7)$$

$$R_2' = n^2R_2; \quad X_2' = n^2X_2; \quad Z_2' = n^2Z_H \quad (1.8)$$

где: U_2 , I_2 , R_2 и X_2 - параметры вторичной обмотки реального трансформатора.

Z_H - полное сопротивление нагрузки.

n - коэффициент трансформации, представляет собой отношение напряжений на выводах первичной и вторичной обмоток.

$$n = U_{1H}/U_{2,0} \quad (1.9)$$

где U_{1H} - номинальное напряжение первичной обмотки при холостом ходе (х.х.),
 $U_{2,0}$ - номинальное напряжение вторичной обмотки при холостом ходе.

Ход работы

Для выполнения лабораторной работы используется следующее оборудование:

- автотрансформатор $TV2$ – служит источником питания исследуемой цепи. Величина напряжения регулируется с помощью переключателя $ЛАТР$, $TV2$,
- тумблер включения автотрансформатора $TV2$ ($SA3$);
- испытуемый трансформатор $TV3$;

Измерения параметров производятся следующими приборами:

- ваттметром активной мощности испытуемой схемы ($PW2$).
- амперметром ($PA1$). -вольтметром ($PV3$). Измеряет входное напряжение первичной обмотки трансформатора $TV3$.
- амперметром ($PA2$). Измеряет ток во вторичной обмотке трансформатора $TV3$.
- вольтметром($PV2$). Измеряет напряжение во вторичной обмотке трансформатора $TV3$.

I Провести опыт холостого хода трансформатора.

Мощность, потребляемая трансформатором при холостом ходе, расходуется в основном на потери в стали ($P_{ст}$). Потерями в меди ($P_{эл}$ - электрическими потерями в обмотках) пренебрегаем.

1 Собрать схему согласно рисунку 1.3

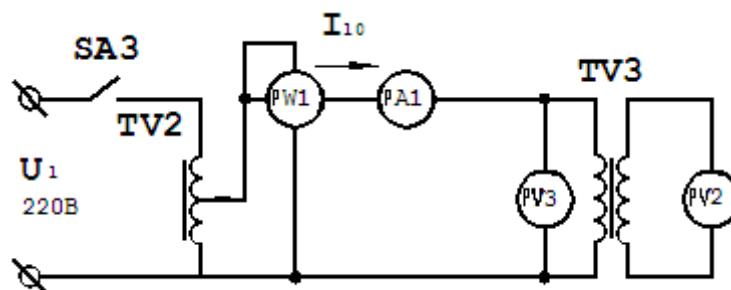


Рисунок 1.3 - Опыт холостого хода

2 Установить входное напряжение равное 0В ($U_{вх}=0В$):

- переключатель диапазонов $TV2$ установить в положение «100<-0»;
- переключатель величины напряжения установить в положение «0В».

3 Включить $SA3$.

4 Установить с помощью переключателя $ЛАТР$ $TV2$ напряжение на вольтметре $PV3$ равное 220 В ($U_{PV3} = U_{1H} = 220В$).

5 Снять показания приборов $PW2(P_{PW2})$, $PA1(I_{PA1})$, $PV2(U_{PV2})$ (если показания $PA1$ менее 0,5 А, измерение производить с нажатой кнопкой $PA1$) и заполнить таблицу 1.1. в

части “ измеренные данные ”.

6 Отключить тумблер SA3.

Таблица 1.1 – Протокол испытаний трансформатора. Опыт холостого хода

Измеренные данные				Расчётные данные			
U_{PV3}, B	$P_{PW2}, Bт$	U_{PV2}, B	I_{PA1}, A	$R_0, Ом$	$Z_0, Ом$	$X_0, Ом$	n
220							

7 По результатам опыта холостого хода рассчитать параметры схемы замещения трансформатора. Заполнить таблицу 1.1 в части “расчётные данные”.

Показания приборов $PW1=P_{CT}$, $PA1=I_{10}$, $PV3=U_{1H}$, $PV2=U_{2.0}$ дают возможность определить параметры схемы замещения трансформатора:

$$R_0 = \frac{P_{CT}}{I_{10}^2}; \quad Z_0 = \frac{U_{1H}}{I_{10}}; \quad X_0 = \sqrt{(Z_0^2 - R_0^2)}; \quad (1.10)$$

где R_0 и X_0 - активное и индуктивное сопротивление ветви намагничивания, определяемые из опыта холостого хода трансформатора.

Z_0 - полное сопротивление ветви намагничивания схемы замещения

$$Z_0 = \sqrt{R_0^2 + X_0^2} \quad (1.11).$$

II Провести опыт короткого замыкания

Мощность, потребляемая трансформатором при опыте короткого замыкания (К.З.), расходуется в основном на потери в обмотках (потери в меди $P_{ЭЛ}$).

1 Собрать схему согласно рисунку 1.4

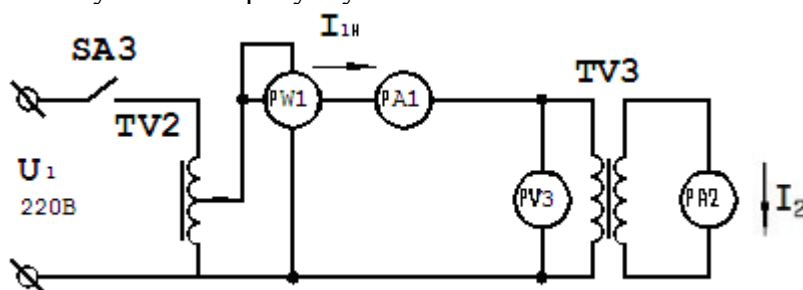


Рисунок 1.4 - Опыт короткого замыкания

2 Установить входное напряжение равное 0В ($U_{вх}=0B$):

- переключатель диапазонов TV2 установить в положение «100<-0»;
- переключатель величины напряжения установить в положение «0В».

2 Включить тумблер SA3.

3 С помощью переключателя ЛАТР TV2 установить показания амперметра $PA1=0,8A$ ($I_{1H}=0,8A$).

4 Снять показания приборов $PV3(U_{PV3})$, $PW2(P_{PW2})$, $PA2(I_{PA2})$ и заполнить таблицу 1.2 в части “ измеренные данные ”(показания ваттметра PW2 должны быть меньше значения произведения показаний приборов PA1 и PV3).

5 Отключить SA3.

Таблица 1.2 - Протокол испытаний трансформатора. Опыт короткого замыкания

Измеренные данные				Расчётные данные						
$U_{PV3},$ B	$P_{PW2},$ Bm	$I_{PA2},$ A	$I_{PA1},$ A	$Z_K,$ $Ом$	$R_K,$ $Ом$	$X_K,$ $Ом$	$R_1,$ $Ом$	$X_1,$ $Ом$	$R_2,$ $Ом$	$X_2,$ $Ом$
			0,8							

6 По результатам, полученным в опыте короткого замыкания, рассчитать параметры схемы замещения трансформатора. Заполнить таблицу 1.2 в части “расчётные данные”.

Показания приборов $P_{W1}=P_{эл}$, $P_{V3}=U_1$, $P_{A1}=I_{1H}$, $P_{A2}=I_2$, дают возможность определить параметры схемы замещения:

$$R_K = \frac{P_{эл}}{I_{1H}^2}; \quad Z_K = \frac{U_1}{I_{1H}}; \quad X_K = \sqrt{(Z_K^2 - R_K^2)} \quad (1.12)$$

где R_K и X_K - активное и реактивное сопротивление трансформатора в опыте К.З., определяются как сумма соответствующих сопротивлений первичной обмотки и приведенных сопротивлений вторичной обмотки:

$$R_K = R_1 + R'_2 = R_1 + R_2 n^2; \quad X_K = X_1 + X'_2 = X_1 + X_2 n^2 \quad (1.13)$$

Полное сопротивление короткого замыкания трансформатора:

$$Z_K = \sqrt{(R_K^2 + X_K^2)} \quad (1.14).$$

Схему замещения обычно считают симметричной:

$$R_1 = R'_2 = \frac{R_K}{2}; \quad X_1 = X'_2 = \frac{X_K}{2} \quad (1.15).$$

$$R_K = R_1 + n^2 R_2; \quad X_K = X_1 + n^2 X_2; \quad (1.16)$$

$$R_1 = n^2 R_2; \quad X_1 = n^2 X_2; \quad (1.17)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{n^2}; \quad X_2 = \frac{X_1}{n^2} \quad (1.18)$$

Контрольные вопросы.

- 1 Поясните принцип действия, устройство и назначение трансформатора.
- 2 В чем заключается понятие обратимости трансформатора?
- 3 Каково назначение сердечника и его устройство?
- 4 Запишите и поясните уравнение Э.Д.С. первичной и вторичной обмоток.
- 5 Дайте определение коэффициента трансформации трансформатора.
- 6 Перечислите условия проведения опыта холостого хода
- 7 Перечислите условия проведения опыта короткого замыкания.

8 Чем отличается испытательный режим короткого замыкания от аварийного замыкания трансформатора.

Содержание отчета

1. Наименование, номер, тема и цель лабораторной работы
2. Перечень и технические данные оборудования

Таблица 1.3 – Технические характеристики оборудования

Наименование	Технические характеристики
Трансформатор	ТСЗИ-2,5 УХЛ2; $S_{\text{ном}}=2,5$ кВА, $U_{1\text{ном}}=380/220\text{В}$; $U_{2\text{ном}}=36\text{В}$

3. Порядок работы
4. Протокол с результатами измерений и вычислений
5. Вывод по работе

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Исследование силового трансформатора методом холостого хода

Цель: Ознакомиться с назначением, устройством и основными характеристиками трехфазного трехстержневого трансформатора. Оценить эффективность работы трансформатора в режиме холостого хода

Краткие теоретические сведения

Основными частями трехфазного трехстержневого трансформатора (рисунок 2.1) являются трехстержневой магнитопровод, набранный из листовой трансформаторной стали, и шесть обмоток: три высшего (по числу фаз трехфазной системы) и три низшего напряжения. На каждом стержне расположены две обмотки — первичная и вторичная. Для силовых трехфазных двухобмоточных трансформаторов установлены следующие основные схемы и группы соединения обмоток: звезда — звезда с выведенной нулевой точкой; звезда — треугольник; звезда с выведенной нулевой точкой — треугольник и треугольник — звезда с выведенной нулевой точкой.

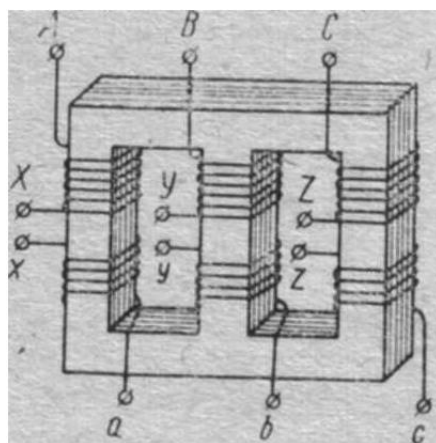


Рисунок 2.1 - Устройство трехфазного трехстержневого трансформатора

Схема соединения обмоток звезда — звезда с выведенной нулевой точкой имеет группу 0, т. е. угол сдвига между векторами Э. Д. С. первичной и вторичной обмотками одной

и той же фазы равен нулю, а остальные схемы принадлежат к группе 11, т. е. угол сдвига между векторами э. д. с. первичной, и вторичной обмотками той же фазы равен 330° .

Номинальная мощность трехфазного трансформатора

$$S_n = \sqrt{3}U_{1лн}I_{1лн} = 3U_{1н}I_{1н}, \quad (2.1)$$

где $U_{1н}$ и $I_{1н}$ - фазные напряжение и ток в первичной обмотке.

$U_{1лн}$ и $I_{1лн}$ - линейные напряжение и ток в первичной обмотке.

а активная мощность

$$P_{ном} = 3 U_{ф.ном} I_{ф.ном} \cos\varphi, \quad (2.2)$$

или

$$P_{ном} = \sqrt{3}U_{л.ном} I_{л.ном} \cos\varphi, \quad (2.3)$$

К трехфазному трансформатору, вторичная обмотка которого включена по схеме звезда с выведенной нулевой точкой, можно присоединить потребителей электрической энергии на два различных напряжения — линейное и фазное: так, к трехфазному трансформатору с фазным вторичным напряжением в 127 В, включенному по схеме звезда с выведенной нулевой точкой, можно присоединить электрические лампы накаливания на 127 В, включая их на фазное напряжение, и на 220 В, включая их на линейное напряжение. Для полного использования трехфазного трансформатора все его фазы следует нагружать одинаковым током (симметрично): в этом случае потери минимальны.

Холостой ход - это режим работы трансформатора без нагрузки, т.е. при разомкнутой вторичной обмотке ($I_2=0$). Так как полезная мощность при работе трансформатора в холостую равна 0, то мощность на входе трансформатора в режиме холостого хода P_0 расходуется на магнитные потери в магнитопроводе P_m (потери на перемагничивание магнитопровода и вихревые токи) и электрические потери в меди одной лишь первичной обмотки (потери на нагрев обмотки при прохождении по ней электрического тока). Однако ввиду небольшого значения тока холостого хода I_0 , который обычно не превышает 2-10% от $I_{1ном}$ электрическими потерями в первичной обмотке на нагрев можно пренебречь и считать, что вся мощность холостого хода представляет собой в стали магнитопровода. Поэтому магнитные потери в трансформаторе принято называть потерями холостого хода.

Характеристика холостого хода - это зависимость тока холостого хода I_0 , мощности холостого хода P_0 и коэффициент мощности $\cos\varphi_0$ от первичного напряжения U_1 .

Криволинейность этих характеристик обусловлена состоянием магнитного насыщения магнитопровода, которое наступает при некотором значении U_1 .

Отношение э.д.с., которая индуцируется в обмотке высшего напряжения ($E_{овн}$) к э.д.с., которая индуцируется в обмотке низшего напряжения ($E_{онн}$) приблизительно равно отношению напряжений на зажимах обмоток трансформатора при холостом ходе и называется коэффициентом трансформации:

$$k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}}. \quad (2.4)$$

Оборудование и аппаратура

Миллиамперметр на 50 мА

Вольтметр электромагнитной системы на 500 В

Ваттметр на 600 В, 1 А.

Трехфазный трансформатор типа ТЗСИ мощностью 2,5 кВА. на 380/36 В.

Аппарат защиты: автоматический выключатель ВА-51-31-3 на 16А

Провода соединительные ППВ $3 \times (1 \times 1,5)$ -6м
Мультимедийное обеспечение

Подготовка к работе

1. Повторить теоретический материал: назначение, устройство и принцип действия силового трансформатора, уравнения ЭДС, МДС и токов, схему замещения трансформатора; трехфазный трансформатор; опыты холостого хода и короткого замыкания, потери и КПД трансформатора
2. Подготовить в бланке отчета по лабораторной работе таблицы для занесения технических характеристик приборов и результатов опытов.

Порядок работы

1. Ознакомиться с устройством трансформатора, записать его паспортные данные, а также технические параметры измерительных приборов
2. Для определения коэффициента трансформации собрать схему (рисунок 2.2)
3. Подключить вольтметр к двум фазам вторичной обмотки.
4. Подать питание на трансформатор
5. Снять показания приборов
6. Собрать схему для исследования силового трехфазного трансформатора методом холостого хода (рисунок 2.3)

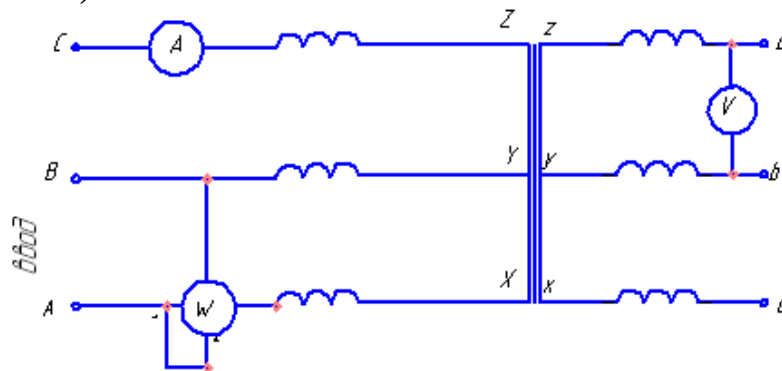


Рисунок 2.2 - Схема для определения коэффициента трансформации

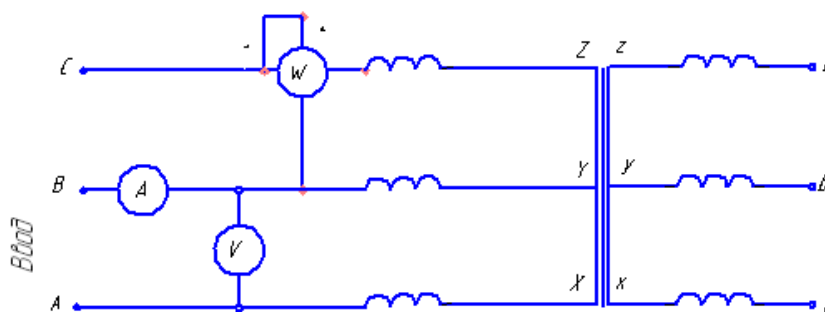


Рисунок 2.3 - Схема опыта холостого хода

7. Подать питание на первичную обмотку трансформатора
8. Установить пределы измерения измерительных приборов, определить цену деления, снять показания приборов
9. Определить величины подводимого напряжения, ток в фазе В и мощность потребляемую обмоткой фазы С трансформатора. Полученные данные занести в таблицу 2.1

Таблица 2.1 - Результаты измерений и вычислений

№ опыта / фаза	Технические данные трансформатора			Измерения				Вычисления						
	$S_{ном},$ кВА	$U_{Iном},$ В	$i_{х.х.},$ %	$U_1,$ В	$I_0,$ А	$P_0,$ Вт	$U_{20},$ В	$I_{Iном},$ А	$I_0,$ А	$i_{х.х.},$ %	$P_0,$ Вт	$P_{xx},$ Вт	$\cos \varphi_0$	$k,$ отн.ед
1														
2/А														
3/В														
4/С														

10. Собрать схему (рисунок 2.4)
11. Подать питание на первичную обмотку трансформатора
12. Установить пределы измерения измерительных приборов, определить цену деления, снять показания приборов
13. Определить величины подводимого напряжения, тока в фазе А и мощность потребляемую обмоткой фазы В трансформатора. Полученные данные занести в таблицу 2.1

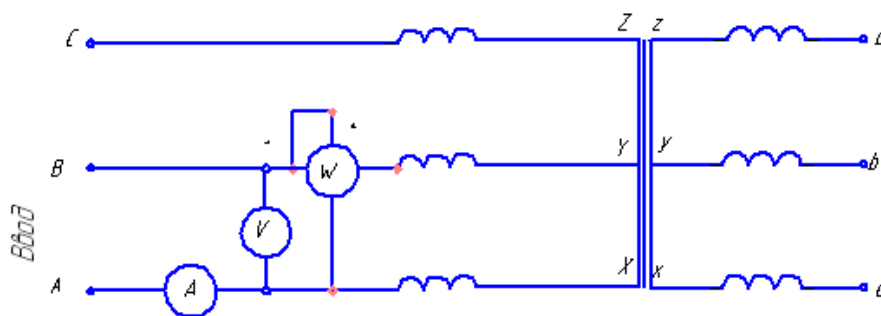


Рисунок 2.4 - Схема опыта холостого хода

11. Собрать схему (рисунок 2.5)

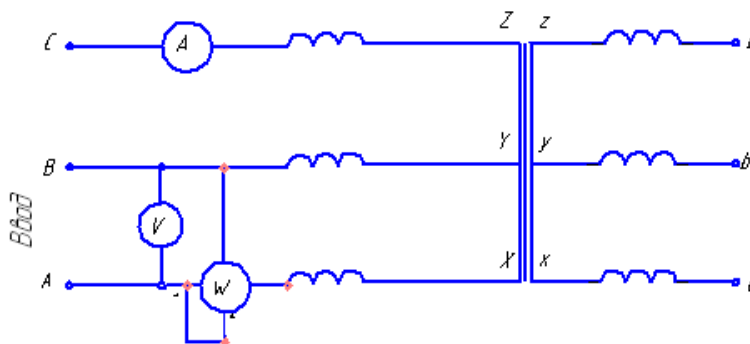


Рисунок 2.5 - Схема опыта холостого хода

12. Подать питание на первичную обмотку трансформатора
 13. Установить пределы измерения измерительных приборов, определить цену деления, снять показания приборов
 14. Определить величины подводимого напряжения, тока в фазе С и мощность потребляемую обмоткой фазы А трансформатора. Полученные данные занести в таблицу 1.1
 15. Выполнить вычисления. Результаты вычисления занести в таблицу 2.1
- Определяем коэффициент трансформации:

$$k = \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad (2.5)$$

Номинальный ток первичной обмотки:

$$I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3}U_{1ном}} \quad (2.6)$$

Ток холостого хода

$$I_0 = \frac{I_{A0} + I_{B0} + I_{C0}}{3} \quad (2.7)$$

Ток холостого хода в процентах от номинального первичного тока

$$i_{x.x} = \frac{I_0}{I_{1ном}} \cdot 100\% \quad (2.8)$$

Потери холостого хода (потери в стали)

$$P_0 = \frac{P_{A0} + P_{B0} + P_{C0}}{3} \quad (2.9)$$

Потери холостого хода в номинальном режиме

$$P_{xx} = P_0 \frac{U_{1ном}}{U_1} \quad (2.10)$$

Коэффициент мощности холостого хода

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_{\tilde{0}, \tilde{0}}}{\sqrt{3}I_0 U_1} \quad (2.11)$$

16. Анализ результатов лабораторной работы

$$\Delta i_{x.x} = \Delta i_{x.x ном} - \Delta i_{x.x выч}, \%. \quad (2.12)$$

$$\delta i_{x.x} = \frac{\Delta i_{x.x}}{i_{x.x ном}}; \%. \quad (2.13)$$

Контрольные вопросы

1. Сколько обмоток имеет трехфазный двухобмоточный трансформатор?
2. Почему сердечник трансформатора выполняется из тонких листов электротехнической стали?
3. Как проверить правильность обозначений зажимов трехфазного трансформатора?
4. Какую величину имеет ток холостого хода трансформатора?
5. Почему токи холостого хода в крайних фазах трансформатора больше тока в средней фазе?

6. Почему с увеличением первичного напряжения при опыте холостого хода уменьшается коэффициент мощности трансформатора?
7. Почему мощность холостого хода принимают за магнитные потери, а мощность короткого замыкания — за электрические потери?
8. Как определить исправность трехфазного трансформатора?
9. Перечислите содержание программы приемо-сдаточных испытаний силовых трансформаторов.

Содержание отчета

1. Наименование, номер, тема и цель лабораторной работы
2. Цель лабораторной работы
3. Перечень и технические данные оборудования

Таблица 2.2 – Технические характеристики оборудования

Наименование	Технические характеристики
Трансформатор	ТСЗИ-2,5 УХЛ2; $S_{ном}=2,5$ кВА, $U_{1ном}=380/220$ В; $U_{2ном}=36$ В

4. Порядок работы
5. Протокол с результатами вычислений
6. Вывод по работе

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Тема: Исследование трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки.

Цель: ознакомиться с особенностями устройства трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и исследовать основные свойства этого двигателя путем снятия рабочих характеристик.

Краткие теоретические сведения

При анализе результатов лабораторной работы в первую очередь следует сделать заключение о соответствии данных номинального режима, полученных экспериментально, паспортным данным электродвигателя. Затем, анализируя рабочие характеристики, нужно объяснить двигателя вид полученных графиков.

Например, график тока $I_1 = f(P_2)$ не выходит из начала координат, так как в режиме х. х. ($P_2 = 0$) двигатель потребляет из сети ток х. х. I_{10} , обусловленный потерями х. х.

Характеристика частоты вращения $n_2 = f(P_2)$ имеет падающий вид, т. е. с ростом нагрузки частота вращения ротора уменьшается. Это объясняется ростом скольжения s . При этом чем больше активное сопротивление обмотки ротора r'_2 , тем больше наклон этой характеристики к оси абсцисс, так как увеличение r'_2 вызывает рост электрических потерь в цепи ротора $P_{\text{с}2} = m_1 I_2^2 r'_2$, а следовательно, рост скольжения, величина которого пропорционально электрическим потерям в роторе $s = P_{\text{с}2} / P_{\text{эм}}$.

Небольшое значение коэффициента мощности $\cos \varphi_2$ в зоне малых нагрузок двигателя объясняется тем, что в режиме х. х. и при небольшой нагрузке двигателя ток статора меньше номинального и в значительной части является намагничивающим током, имеющим фазовый сдвиг относительно напряжения сети близкий к 90° .

Значительная величина намагничивающего тока в асинхронных двигателях

обусловлена наличием воздушного зазора между статором и ротором. С ростом нагрузки двигателя ток I_1 , потребляемый двигателем из сети, увеличивается в основном за счет активной составляющей, что и способствует росту коэффициента мощности $\cos\varphi_2$.

Порядок работы

1. Ознакомиться с устройством исследуемого асинхронного короткозамкнутого электродвигателя и нагрузочной машины. Записать их паспортные данные в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Паспортные данные асинхронного двигателя и нагрузочной машины

Тип	U_H , В	I_H , А	P_H , Вт	n_H , об/мин	M , Нм	η_H	$\cos\varphi$	Примечание

В этой таблице для асинхронного двигателя указываются номинальные значения тока и линейного напряжения при соединении обмоток в звезду. Номинальный вращающий момент машины вычисляется по формуле.

$$M_H = 9,55 \cdot \frac{P_H}{n_H} \quad (3.1)$$

2. Для исследования асинхронного двигателя собирается электрическая цепь согласно рисунка 2.1.

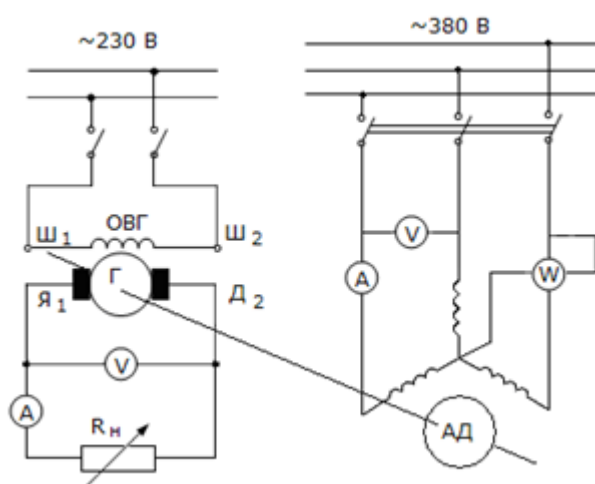


Рисунок 3.1 – Схема исследования

3. Рабочие характеристики асинхронного двигателя снимаются следующим образом. Зашунтировав амперметр и токовые катушки ваттметров, запускают асинхронный двигатель. Проверяют направление вращения двигателя (оно должно совпадать с указанным на стенде).

Тумблерами отключают все секции сопротивления R_H и подают постоянное напряжение 230 В на обмотку возбуждения генератора. Убедившись, что ток в якорной цепи генератора равен нулю, записывают показания всех приборов в таблицу 3.2. Скорость вращения двигателя измеряется тахометром.

Затем, увеличивая нагрузку на валу двигателя путем включения необходимого числа

секций R_H , снимают показания приборов еще 5 – 6 раз. Величину нагрузки можно контролировать по величине тока в якорной цепи генератора. В процессе опыта максимальные значения токов генератора и двигателя не должны превышать $1,25 I_H$.

Таблица 3.2

№	I_1 , А	W , дел.	U_r , В	I_r , А	n , об/мин	Примечание
1						$U_1 = 380$ В, $C_w = 10$ Вт/дел.
2						

По данным таблицы 2.2 определяются:

- мощность, потребляемая двигателем из сети

$$P = 3 \cdot W \cdot C_w, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

- полезная мощность генератора постоянного тока

$$P_r = U_r \cdot I_r, \text{ Вт} \quad (3.3)$$

- мощность, передаваемая от двигателя к генератору (полезная мощность двигателя)

$$P_2 = \frac{P_r}{\eta_r}, \text{ Вт} \quad (3.4)$$

(значения КПД генератора η_r берутся из графика $\eta_r = f(P_r)$, который строится на основании таблицы 3.3. При этом номинальная мощность генератора берется из таблицы 3.2)

Таблица 3.3

P_r/P_H	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
η_r	0,73	0,79	0,8	0,78	0,76	0,72	0,68

- момент на валу двигателя по формуле 2.1

$$M_H = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

- скольжение

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad (3.5)$$

- коэффициент мощности двигателя

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1} \quad (3.6)$$

- КПД двигателя

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (3.7)$$

Результаты расчетов сводят в таблицу 3.4

Таблица 3.4

№	P ₁ , Вт	P _г , Вт	η _г	P ₂ , Вт	s	n, об/мин	M, Нм	cos φ	η _д	Примечание
1										n ₀ = 60f ₁ /p = = 1500 об/мин
2										

По данным таблицы 3.4 строим графики зависимостей: P_1 ; P_2 ; I_1 ; n ; $s = f(M)$, и η ; $\cos \varphi = f(P_2)$

Контрольные вопросы

1. На чем основан принцип действия асинхронного двигателя?
2. Что такое скольжение, и каким, оно обычно бывает у асинхронных двигателей общего применения?
3. С какой целью у асинхронного двигателя обычно делают все шесть выводов обмотки статора?
4. Как определить начало и конец фазной обмотки статора?
5. Что такое реверс и как его осуществить в трехфазном асинхронном двигателе?
6. В чем сущность метода непосредственной нагрузки при исследовании асинхронного двигателя?
7. Какие характеристики асинхронного двигателя называют рабочими?
8. Почему относительная величина тока х. х. у асинхронного двигателя больше, чем у трансформатора такой же мощности?
9. Как изменится вращающий момент асинхронного двигателя, если напряжение на его выводах обмотки статора уменьшить в $\sqrt{3}$ раз?
10. Что такое перегрузочная способность, асинхронного двигателя и какова, ее зависимость от напряжения питания двигателя?

Содержание отчета

- 1) Наименование, номер, тема и цель лабораторной работы
- 2) Перечень и технические данные оборудования
- 3) Порядок работы
- 4) Протокол с результатами вычислений
- 5) Рабочие характеристики двигателя.
- 6) Вывод по работе

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Тема: Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения.

Цель: изучение устройства генератора постоянного тока независимого возбуждения и приобретение навыков экспериментального исследования его основных характеристик.

Краткие теоретические сведения

В качестве приводного двигателя в схеме приведен двигатель постоянного тока параллельного возбуждения.

Генератор постоянного тока имеет независимое возбуждение, т. е. его обмотка возбуждения OB электрически не соединена с обмоткой якоря и подключена к постороннему источнику постоянного тока через потенциометр $R_{\text{п}}$.

Характеристика холостого хода. Характеристика х. х. представляет собой зависимость ЭДС генератора в режиме х. х. E_0 от тока возбуждения $I_{\text{в}}$ при номинальной частоте вращения $n = n_{\text{ном}}$.

Нагрузочная характеристика. Нагрузочная характеристика представляет собой зависимость напряжения генератора U от тока возбуждения $I_{\text{в}}$ при неизменных значениях тока нагрузки $I_{\text{а}} = \text{const}$ и частоты вращения $n = n_{\text{ном}} = \text{const}$.

Внешняя характеристика. Внешняя характеристика генератора представляет собой зависимость напряжения на выходе генератора U от тока нагрузки $I_{\text{а}}$ при номинальной частоте вращения $n = n_{\text{ном}} = \text{const}$ и неизменном токе возбуждения $I_{\text{в}} = \text{const}$.

Регулировочная характеристика. Регулировочная характеристика генератора - это зависимость тока возбуждения $I_{\text{в}}$ от тока нагрузки $I_{\text{а}}$ при номинальном напряжении $U_{\text{ном}}$ и номинальной частоте вращения $n_{\text{ном}}$.

Порядок работы

1. Изучить разделы курса, в которых рассматривается устройство и принцип действия генератора постоянного тока с независимым возбуждением.
2. Выполнить контрольное задание.
3. Экспериментально снять заданные характеристики генератора.
4. Оформить протокол отчёта и ответить на контрольные вопросы.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема лабораторной установки (рис.3.1) содержит асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором $M1$, механически соединённый с валом якоря испытуемого генератора G . Асинхронный двигатель $M1$ питается от сети трехфазного тока промышленной частоты через воздушный автоматический выключатель $QF1$.

Обмотка возбуждения испытуемого генератора LG получает питание от управляемого выпрямителя $UD1$. Величина тока возбуждения испытуемого генератора изменяется с помощью потенциометра RP (регулятора), встроенного в схему управляемого выпрямителя.

Изменение величины тока якоря испытуемого генератора производится с помощью изменения величин сопротивлений реостатов (может быть один резистор, если он подходит по параметрам).

Контрольное задание

1. Записать уравнение электрического равновесия по напряжению для якорной цепи генератора, а также выражения для ЭДС якоря и электромагнитного момента генератора.
2. Качественно изобразить основные характеристики генератора постоянного тока независимого возбуждения.

Порядок выполнения экспериментальной части

1. Ознакомиться с оборудованием и измерительными приборами, необходимыми для проведения эксперимента
2. Собрать схему экспериментальной установки (рисунок 4.1). Включить резисторы и измерительные приборы $PA1$, $PV1$, $PA_{\text{в}}$. Статорные обмотки двигателя соединить по схеме

треугольника и подсоединить к автоматическому выключателю. Проверить правильность собранной схемы и показать её преподавателю

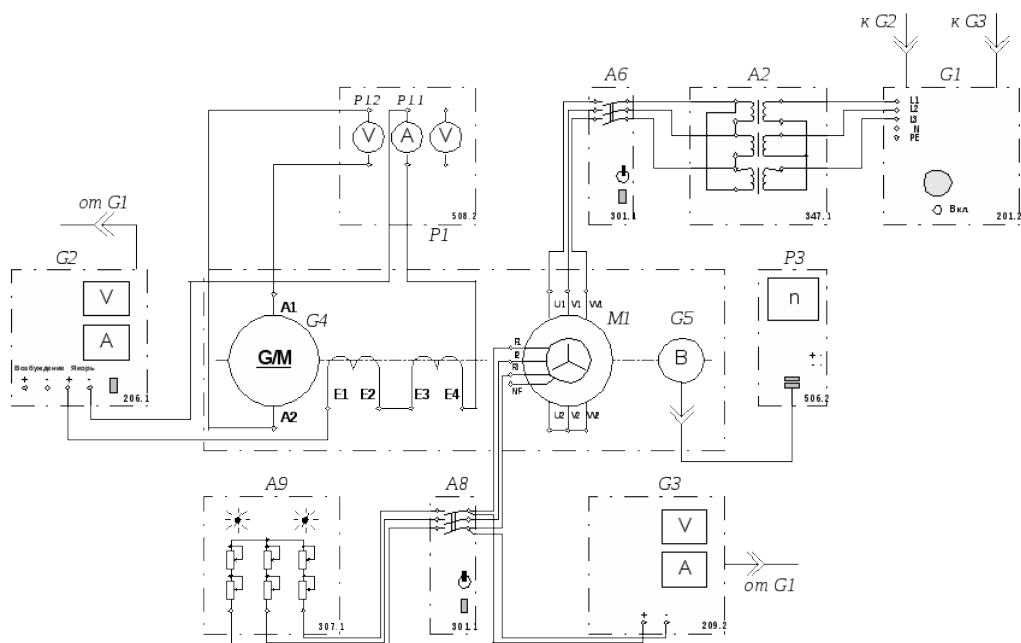


Рисунок 4.1 - Электрическая схема лабораторной установки

3. Установить регулятор в нулевое положение (поворачивать против часовой стрелки до упора). Разомкнуть ключ и подключить схему к трехфазной сети.

4. Снять восходящую и нисходящую ветви характеристики холостого хода генератора. Для этого надо изменять с помощью регулятора ток возбуждения, а затем . Ток возбуждения следует изменять монотонно (в одном направлении). Полученные данные занести в таблицу 4.1.

Таблица 3.1 - Восходящая ветвь

E_0, В						
I_f, А						

Нисходящая ветвь

E_0, В						
I_f, А						

5. Снять внешнюю характеристику генератора $U=f(I)$ при $I_f=0.1 \text{ A} = \text{const}$. Для этого увеличить ток нагрузки с помощью резисторов. Полученные данные занести в таблицу 4.2

Таблица 4.2

I, А						
U, В						

6. Снять регулировочную характеристику генератора $I_f=f(I)$. Для этого установить $U=110 \text{ В}$. Уменьшая монотонно с помощью резисторов ток до нуля, поддерживать номинальное

напряжение генератора с помощью регулятора. Соответствующие значения занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

I, A						
I_f, A						

7. По полученным данным построить соответствующие характеристики генератора и сделать выводы по проделанной работе.

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 х. х.?
- 5) Почему ветви регулировочной характеристики, снятые при намагничивании и размагничивании генератора, не совпадают? какая из них располагается выше?

Содержание отчета

- 1) Тема и цель работы.
- 2) Схема опыта
- 3) Паспортные данные генератора, приводного двигателя и измерительных приборов.
- 4) Ход работы.
- 5) Результаты измерений и расчетов - таблицы 4.1- 4.3.
- 6) Характеристика х. х. генератора постоянного тока независимого возбуждения
- 7) Регулировочная характеристика генератора постоянного тока независимого возбуждения
Вывод о проделанной работе.

3 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТЧЕТНЫХ РАБОТ

Форма зачета по лабораторным работам – собеседование.

Лабораторная работа считается выполненной и принимается к зачету по следующим критериям:

Оценка «отлично» выставляется, если студент обстоятельно, с достаточной полнотой излагает программный материал, дает правильные формулировки, точные определения ключевых понятий, обнаруживает полное понимание материала и может обосновать свой ответ, привести примеры, демонстрирует самостоятельность мышления, правильно отвечает на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает единичные ошибки, которые сам же исправляет после замечаний преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент демонстрирует знание и понимание основных положений программного материала, но при этом допускает неточности в формулировке правил или определений, излагает материал недостаточно связно и последовательно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает незнание большей части программного материала, допускает ошибки в формулировке правил и определений, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, сопровождая изложение частыми запинками, перерывами.

4 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Основные источники:

1. Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам: учебное пособие. / М.М. Кацман. – М.: Высшая школа, 2020. - 480с.
2. Кацман М.М. Электрические машины: учебник. / М.М. Кацман. – М.: Высшая школа, 2019. - 469с.
3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: учебное пособие./ М.М. Кацман. – М.: Академия, 2017. – 256с.

Дополнительные источники:

1. ГОСТ 16110-82, СТ СЭВ 1103-78. Трансформаторы силовые. Термины и определения.
2. ГОСТ 17274.1-85 СТ СЭВ 4438-83. Двигатели асинхронные. Общие технические условия.
3. ГОСТ 1624.2-85. Двигатели синхронные. Общие технические условия.
4. ГОСТ 16264.4-85. Двигатели постоянного тока бесконтактные. Общие технические условия.
5. ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно – цифровые в электрических схемах

Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Дробов А.В. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дробов А.В., Галушко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2021.— 292 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67795.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Дробов А.В. Электрические машины. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дробов А.В., Галушко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67794.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Интернет-ресурсы

1. Ресурс <http://elektroinf.narod.ru>. - библиотека электроэнергетика
 2. Ресурс <https://elektro-montagnik.ru/index.php> - учебно-образовательный сайт.
 3. Ресурс <https://www.eleczon.ru/> - учебно-образовательный сайт.
 4. Ресурс <http://claw.ru/> - образовательный портал.
- Ресурс <http://ru.wikipedia.org>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Правила выполнения лабораторных работ

1) Получение допуска к работе.

Знакомство в лаборатории с оборудованием стенда и требованиями техники безопасности.

К выполнению лабораторных работ могут быть допущены студенты, прошедшие инструктаж по ТБ. Инструктаж проводится в учебной группе в начале семестра на первом лабораторном занятии. На этом же занятии студентов знакомят с основными требованиями, предъявляемыми к выполнению лабораторных работ и оформлению отчетов по ним. На последующих занятиях студенты обязаны придерживаться указаний преподавателя в отношении мер предосторожности, а также целесообразной сборки электрических цепей.

Студенты допускаются к лабораторным занятиям после представления преподавателю отчета по лабораторной работе, выполненной на предыдущем занятии, и представления каждым студентом заготовки нового отчета.

2) Проведение лабораторной работы и предварительная обработка полученных результатов.

Уяснив последовательность эксперимента, усвоив электрическую схему соединения отдельных элементов цепи, студенты записывают паспортные данные электрических машин, аппаратов, измерительных приборов и элементов исследуемой электрической цепи.

Изучая теоретическое обоснование, студент должен иметь в виду, что основной целью изучения теории является умение применить ее на практике для решения практических задач.

3) Составление отчета и представление его преподавателю.

После выполнения работы студент должен представить отчет о проделанной работе с полученными результатами и выводами и устно ее защитить. Содержание отчета должно включать в себя: цель работы, порядок выполнения, электрические схемы, основные расчетные соотношения, таблицы данных наблюдений и расчетов, выводы по работе. Все таблицы, графики и диаграммы должны иметь заголовки, поясняющие зависимость, которую они характеризуют. Вычерчивание схем, таблиц, графиков необходимо выполнять чертежным инструментом (линейка, циркуль, лекало и т.д.) карандашом либо чернилами. Элементы схем должны быть вычерчены тщательно с использованием обозначений по ГОСТ.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие каждую лабораторную работу. При отсутствии студента по неуважительной причине студент выполняет работу самостоятельно, в свое личное время и защищает на консультации по указанию преподавателя.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Техника безопасности при работах в лаборатории

Лабораторные стенды в лаборатории «Электрические машины» являются действующими электроустановками, отдельные элементы которых находятся под напряжением. Поэтому при определенных условиях, возникающих из-за нарушения установленных правил, лабораторные стенды могут стать источником поражения человека электрическим током и других видов травматизма. Положение усугубляется еще и особенностью монтажа элементов лабораторного стенда, предусматривающего максимальную доступность учащимся к приборам, машинам и пускорегулирующей аппаратуре, создающего дополнительные опасности при выполнении лабораторных и практических работ.

Тело человека обладает электропроводностью, а поэтому при соприкосновении с двумя неизолированными элементами установки, находящимися под напряжением через тело человека проходит электрический ток. Достигнув опасных значений, этот ток приводит либо к сильным ожогам (электрическая травма), либо к тяжелым поражениям нервной, сердечной и дыхательной систем организма человека (электрический удар). Последствия поражения электрическим током бывают тяжелыми и могут привести к смертельному исходу.

Специфика работы студентов с электрооборудованием состоит в том, что при несоблюдении правил техники безопасности студенты подвергаются не только опасности поражения электрическим током, но и опасности механических ударов со стороны вращающихся частей электрических машин и тормозных устройств. Необходимо помнить, что многие элементы схемы лабораторной установки, находящиеся под напряжением, доступны для прикосновения. Поэтому студенты в лаборатории должны соблюдать исключительную осторожность и ***правила техники безопасности***:

- 1) студент, находясь в лаборатории, должен быть предельно дисциплинированным и внимательным; беспрекословно выполнять все указания преподавателей; находиться непосредственно у исследуемой лабораторной установки;
- 2) запрещается подходить к другим установкам, распределительным щитам и пультам и делать на них какие-либо включения или переключения; включать схему под напряжение, если кто-нибудь касается ее неизолированной токоведущей части; производить какие-либо пересоединения в схеме, находящейся под напряжением; во время работы электрической машины касаться вращающихся частей или наклоняться к ним близко; оставлять без наблюдения лабораторную установку или отдельные приборы под напряжением;
- 3) при перемещениях движков и рукояток пускорегулирующей аппаратуры необходимо следить за тем, чтобы рука была в соприкосновении только с изолированной рукояткой;
- 4) одежда студента не должна иметь свободно свисающих концов шарфов,

- косынок, галстуков и т. п., а прическа или головной убор должны исключать возможность «свисания» прядей волос;
- 5) если схема содержит конденсаторы, то после ее отключения необходимо разрядить конденсаторы, замкнув накоротко их выводы;
 - 6) при работе с лабораторной установкой, находящейся под *напряжением*, студенты должны стоять на изоляционных резиновых ковриках, имеющихся у каждой лабораторной установки;
 - 7) о всех замеченных случаях неисправности в работе установок и нарушении правил техники безопасности каждый студент должен немедленно доложить преподавателю;
 - 8) если произошел несчастный случай, лабораторную установку следует немедленно отключить, оказать пострадавшему первую помощь и сообщить об этом преподавателю.

Инструктаж по технике безопасности должен быть зафиксирован в специальном журнале, где каждый студент должен расписаться.

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

Категорически запрещается:

- трогать руками оголенные провода и части приборов, находящихся под напряжением, даже если оно не велико;
- прикасаться к вращающимся частям электродвигателей;
- заменять или брать оборудование или приборы с других мест без разрешения преподавателя или лаборанта;
- отходить от приборов и машин, находящихся под напряжением или оставлять схему под напряжением.

Помните, что электрический ток, проходящий через тело человека, величиной в 0,025 А уже является опасным для жизни человека.