

Кировское областное государственное
профессиональное образовательное бюджетное учреждение
«Кировский авиационный техникум»

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Методические указания по лабораторным работам
для студентов очной формы обучения
по специальности: 27.02.04 Автоматические системы управления
среднего профессионального образования

Методические указания по лабораторным работам по дисциплине «Электрические машины» для студентов 3 курса очной формы обучения составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины, одобренной цикловой комиссией электротехнических специальностей.

Протокол № 1 от «31» августа 2020 г.

Председатель цикловой комиссии
электротехнических специальностей
_____ С.П. Ланских

Составитель: ***Н.Ф. Тихонов*** - преподаватель КОГПОБУ «Кировского авиационного техникума»

Рекомендованы Методическим советом КОГПОБУ «Кировский авиационный техникум»

Дисциплина «Электрические машины» [Текст]: методические указания по лабораторным работам для студентов очной формы обучения по специальности 27.02.04 Автоматические системы управления / Н.Ф. Тихонов; КОГПОБУ «Кировский авиационный техникум». – Киров: КАТ, 2020. – 34 с.

Методические указания по лабораторным работам по дисциплине «Электрические машины» предназначены для работы студентов очной формы обучения на занятии как самостоятельно, так и под руководством преподавателя. Содержат описание лабораторных работ, охватывающих весь курс дисциплины. Могут быть полезны преподавателям электротехнических специальностей, работающим в системе среднего профессионального образования.

©КАТ, 2020 г.

Содержание:

1	Пояснительная записка.....	4
2	Перечень лабораторных работ	8
3	Технологические карты-инструкции по выполнению лабораторных работ	9
3.1	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №1 «Опыт холостого хода трансформатора»	9
3.2	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №2 «Опыт короткого замыкания трансформатора»	13
3.3	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №3 «Трехфазный трансформатор»	16
3.4	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №4 «Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»	19
3.5	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №5 «Однофазный асинхронный двигатель»	22
3.6	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №6 «Синхронный генератор с электромагнитным возбуждением»	25
3.7	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №7 «Электродвигатель постоянного тока параллельного возбуждения»	28
3.8	Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №8 «Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения»	31
4	Список литературы	34

1 Пояснительная записка

Рабочая программа по дисциплине «Электрические машины» рассчитана на 92 часа (из них 32 часа лабораторных работ).

Наибольший эффект дает фронтальное проведение лабораторных работ по подгруппам, сразу после изучения соответствующей темы. Для этого необходимо иметь оборудованную лабораторию на 5-8 рабочих мест, на которых можно устанавливать легкоъемное оборудование и приборы по каждой из программных работ.

Подгруппа разбивается на бригады по 2-3 человека. Работа выполняется всеми бригадами одновременно. В каждой бригаде поочередно на каждую лабораторную работу назначается бригадир, в обязанности которого входят: сборка схемы, распределение обязанностей между членами бригады, осуществление необходимых включений и регулирование операций, подача команд для снятия замеров, разборка схемы, сдача оборудования и приборов лаборанту.

При отсутствии условий для организации фронтального проведения лабораторных работ можно применить:

а) комплексную форму проведения лабораторных работ, при которой все бригады подгруппы выполняют на очередном занятии разные работы, охватывающие ряд предварительно пройденных разделов (тем) теории. При этом бригады поочередно выполняют все работы, предусмотренные программой.

б) Комбинированную форму, при которой – одна часть работ выполняется фронтально, другая – комплексно.

Перед началом работ в лаборатории учащиеся должны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в специальном журнале.

Выполняя работу с электрическими цепями, учащиеся обязаны соблюдать правила техники безопасности. Поражает человека не напряжение, а ток. Прохождение через организм человека тока 50 мА может привести к серьезной электротравме, тяжелыми последствиями, а ток 90-100 мА может вызвать паралич сердца и смерть. Следует помнить, что при неблагоприятных условиях со-

противление тела человека может изменяться от сотен тысяч Ом до 800-600 Ом, и тогда опасное поражение током может произойти уже при напряжении 40-30 В.

Не следует касаться руками незащищенных проводов и соединительных контактов, когда цепь находится под напряжением. Если в схеме требуется сделать какое-либо пересоединение, то цепь обязательно следует отключить от источника электрической энергии. Всякое изменение в схеме обязательно должно быть проверено преподавателем.

При включении схемы необходимо убедиться, что остальные члены бригады находятся в безопасности. Особенно надо быть осторожным с электрическими цепями, где имеются катушки с большим числом витков и конденсаторы. В катушках при отключении могут индуцироваться ЭДС большой величины. Конденсаторы сохраняют заряд после отключения цепи и их следует, после отключения разрядить.

Нельзя касаться вращающихся частей, пытаться тормозить вал рукой, иметь свободно повязанный шарф, концы платка (косынки), распущенные волосы, так как даже совсем гладкий вал способен схватить.

Не разрешается без надобности щелкать тумблерами, двигать движки реостатов, крутить ручки аппаратуры даже в отключенном состоянии, так как это может привести к нежелательному режиму в цепи и выходу из строя ценного оборудования.

В процессе работы необходимо держать в поле зрения все приборы и следить, чтобы в схеме не возникали аварийные режимы. При всех неисправностях, возникающих во время работы, необходимо сразу отключить питание и сообщить преподавателю.

Учащиеся должны заранее знать, какую лабораторную работу им предстоит выполнять, и к данной работе повторить теоретический материал, а также ознакомиться с методическими указаниями по ее проведению.

Преподаватель на каждой лабораторной работе проверяет подготовленность учащихся, применяя технические средства и современные методы контроля.

Учащиеся начинают лабораторную работу с ознакомления с оборудованием и приборами: записывают их номинальные данные, вычерчивают схемы и заготавливают таблицы измерений. Перед сборкой схемы необходимо разместить приборы так, чтобы было удобно работать и производить измерения. Пределы измерений приборов требуется установить такие, чтобы измеряемые величины находились в пределах 20-95% шкалы прибора.

Схему целесообразно собирать проводами равного сечения и цвета. Силовые цепи собирают проводами большего сечения, чем цепи управления и вольтметров.

При сборке схемы надо стремиться к получению наиболее простой цепи и использовать перемычки соответствующей длины. Сначала собираются все последовательные цепи, а затем – параллельные подключаются вольтметры. Клеммы измерительных приборов должны располагаться так, чтобы исключить возможность случайного прикосновения к ним во время работы.

Схема подключается только после проверки преподавателем. Перед включением надо проконтролировать исходное положение движков реостатов. Работа начинается с опыта холостого хода, приработки и проверки машины в номинальном режиме.

По каждой исследуемой величине необходимо снимать не менее 6-8 точек во всем режиме.

В процессе обработки данных чернового протокола возможно повторное проведение опыта для получения удовлетворительных результатов. Снятые показания учащиеся предъявляют преподавателю и, после их удовлетворения, составляют отчет. По окончании работы электрическая цепь разбирается, движки реостатов и выключатели устанавливаются в исходное положение.

По каждой лабораторной работе учащимися оформляется отчет на стандартном бланке. Отчет должен быть выполнен аккуратно, схемы и графики – с применением чертежных принадлежностей.

Отчет должен содержать:

1. Номер, наименование работы и дата проведения.
2. Цель работы и краткое содержание.
3. Перечень применяемых приборов, аппаратов и устройств с указанием номера и технических характеристик.
4. Схемы опыта, результаты наблюдений и расчетов, графики.
5. Краткие выводы, содержащие объяснения полученных результатов с точки зрения теории, экспериментального подтверждения.

Графики зависимостей нескольких величин от одного аргумента строятся в одной системе координат кривыми разных цветов, с указанием по осям размерностей и масштабов. Кривые строятся путем соединения точек исследуемой величины отрезками прямых, плавной кривой, отражающей закономерность явления. При условии правильности полученных результатов и сделанных выводов, преподаватель утверждает выполненную работу с проставлением зачета.

2 Перечень лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины»

№ ра-боты	Наименование	Кол-во ча-сов
1	Опыт холостого хода трансформатора	4
2	Опыт короткого замыкания трансформатора	4
3	Трехфазный трансформатор	4
4	Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	4
5	Однофазный асинхронный двигатель	4
6	Синхронный генератор с электромагнитным возбуждением	4
7	Электродвигатель постоянного тока параллельного возбуждения	4
8	Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения	4
	ИТОГО по дисциплине	32

3.1 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №1

Тема «Опыт холостого хода трансформатора»

Цель работы: Снять характеристики и определить параметры холостого хода однофазного трансформатора.

Оборудование и приборы:

T1 - лабораторный автотрансформатор ЛАТР-9; $U = 0...250\text{В}$; 9 А;

T2 - исследуемый трансформатор типа ТПОБ-180У4; $S_H = 180\text{В}\cdot\text{А}$,

$U_{1H} = 127\text{ В}$, $f = 50\text{ Гц}$;

РА- амперметр переменного тока Э378, 1 А

PV1- вольтметр переменного тока Э30, 250 В

PV2- вольтметр переменного тока Э59, 60 В

PW-ваттметр переменного тока Д529, 0,5 А ; 150 В

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция

Схема опыта

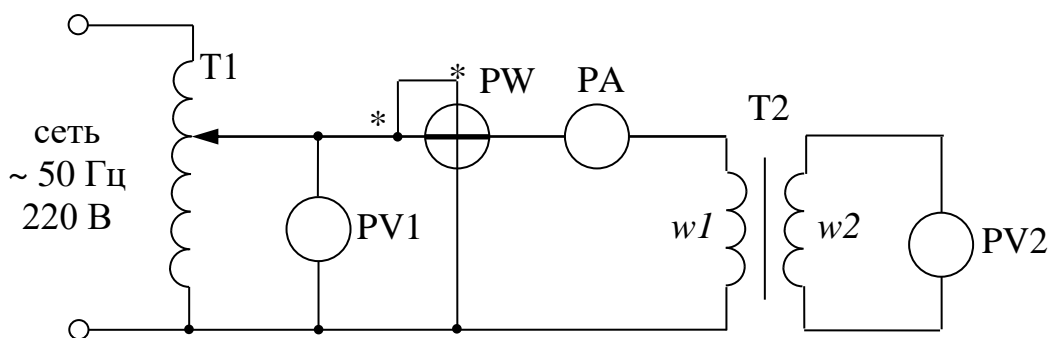


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема опыта холостого хода

Краткие сведения из теории.

Коэффициент трансформации, измеренный методом двух вольтметров

$$K_{m.u.} = \frac{U_1}{U_2}$$

Коэффициент трансформации действительный

$$K_{m.d.} = \frac{w_1}{w_2}$$

где w_1 , w_2 - числа витков обмоток, указано на щитке трансформатора.

Погрешность опытного определения коэффициента трансформации, %

$$\Delta K = \frac{K_{m.д.} - K_{m.и.}}{K_{m.д.}} \cdot 100\%$$

Сила тока холостого хода, %

$$I_o = \frac{I_o \cdot U_{1H}}{S_H} \cdot 100\%$$

где I_o - сила тока холостого хода, А при номинальном напряжении питания;

S_H — номинальная мощность трансформатора, В·А

О степени насыщения стали магнитопровода можно судить по отношению отрезков $ав/аб$ на графике зависимости $U_1 = f(I_0)$ для $U_1 = U_{1H}$ (рисунок 2.2).

При соотношениях

$ав/аб = 1,0 \dots 1,2$ – сталь ненасыщенна;

$ав/аб = 1,2 \dots 1,6$ – среднее насыщение;

$ав/аб > 1,6$ – сталь насыщенна;

Полное сопротивление схемы замещения трансформатора при холостом ходе, Ом

$$Z_o = \frac{U_{1H}}{I_o}$$

Активное сопротивление, Ом

$$R_o = \frac{P_o}{I_o^2}$$

Индуктивное сопротивление, Ом

$$X_o = \sqrt{Z_o^2 - R_o^2}$$

Так как $X_m \gg X_1$, то $X_m \approx X_o$.

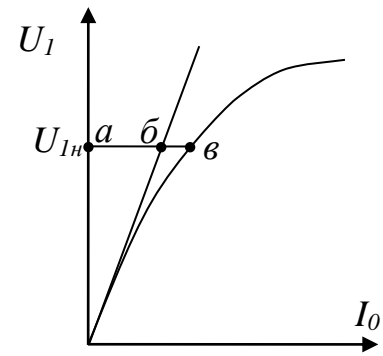


Рисунок 1.2 – График зависимости $U_1 = f(I_0)$

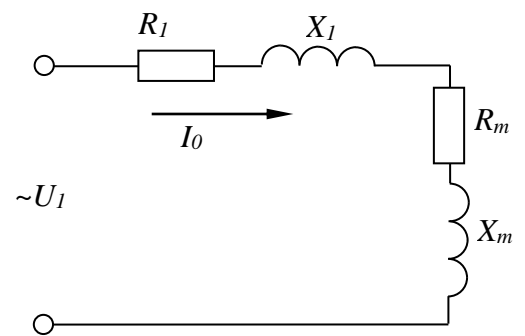


Рисунок 1.3 – Схема замещения трансформатора на холостом ходе

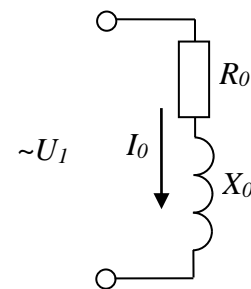


Рисунок 1.4 – Упрощенная схема замещения трансформатора на холостом ходе

Потери в стали, Вт

$$P_c = I_o^2 (R_o - R_1) \approx P_o$$

где R_1 — активное сопротивление первичной обмотки, Ом указано на щитке трансформатора.

Коэффициент мощности при холостом ходе:

$$\cos \varphi = \frac{R_0}{Z_0}$$

Порядок самостоятельной деятельности:

При работе строго соблюдать правила техники безопасности. Регулирование напряжения на первичной обмотке исследуемого трансформатора осуществляется от лабораторного автотрансформатора. Перед включением убедиться, что рукоятка регулирования напряжения находится в нулевом положении.

Коэффициент трансформации определяется методом 2-х вольтметров на холостом ходу при пониженном напряжении питания $U_1 = (0,5 \dots 0,8) U_{1H}$

1. Ознакомиться с методическими указаниями, оборудованием и приборами.

2. Плавно повышая при помощи автотрансформатора Т1 напряжение на первичной обмотке, измерить потребляемый ток, вторичное напряжение и мощность трансформатора. Результаты измерений занести в таблицу 1.1

Таблица 1.1 – Результаты измерений и расчетов

$U_1, В$	0	60	90	110	127	140
$I_o, А$						
$P_o, Вт$						
$U_2, В$						
$\Delta K_m, \%$						

3. Рассчитать по опыту коэффициент трансформации трансформатора и сравнить его с действительным. Определить погрешность ΔK_m .

4. Построить графики зависимостей потребляемого тока и мощности при холостом ходе от напряжения питания: I_o , $P_o = f(U_1)$ и кривую намагничивания $U_1 = f(I_o)$. Оценить степень насыщения стали и ток холостого хода, %.

5. При опыте холостого хода для напряжения $U_1 = U_{1н} = 127$ В рассчитать:

- коэффициент мощности при холостом ходе;
- потери в стали, Вт;

6. Начертить треугольник сопротивлений и схему замещения трансформатора при холостом ходе.

7. Заполнить таблицу результатов опыта (Таблица 1.2)

Таблица 1.2 – Результаты опыта холостого хода

$U_{1н}$, В	$U_{2н}$, В	I_o , %	$\cos\varphi_o$	P_c , Вт	ΔK_m
127					

8. Составить отчёт и сделать выводы:

- сравнить измеренный коэффициент трансформации с действительным, оценить относительную погрешность;
- определить закон изменения потерь в стали при увеличении напряжения трансформатора;
- охарактеризовать насыщенность стали в номинальном режиме.

3.2 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №2

Тема «Опыт короткого замыкания трансформатора»

Цель работы: снять характеристики и определить параметры однофазного трансформатора

Оборудование и приборы:

G – источник переменного тока регулируемого напряжения, ВС-24М;

T – исследуемый трансформатор типа ТПОБ-180У4; $S_H = 180 \text{ В} \cdot \text{А}$,

$$U_{1H} = 127 \text{ В}, f = 50 \text{ Гц};$$

РА1 – амперметр переменного тока Э421, 1А – 3А;

РА2 – амперметр переменного тока Э30, 5А;

PV – вольтметр переменного тока Э59, 15 В;

PW – ваттметр переменного тока Д529, 1А ; 37,5В;

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция

Схема опыта

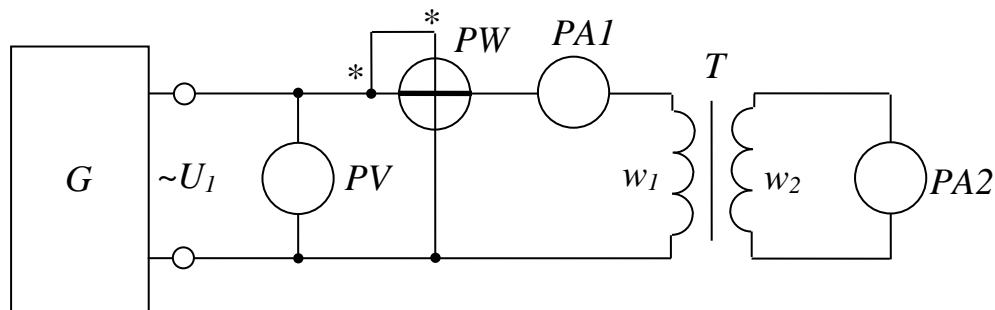


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема опыта короткого замыкания

Краткие сведения из теории

Номинальная сила тока в первичной обмотке, А

$$I_{1H} = I_{1k} = \frac{S_H}{U_{1H}}$$

Напряжение короткого замыкания, %

$$u_k = \frac{U_k}{U_{1H}} \cdot 100\%$$

где U_k – напряжение на первичной обмотке при коротком замыкании вторичной обмотки в вольтах, когда $I_{1k} = I_{1H}$ (определить по графику $I_{1k} = f(U_1)$).

Коэффициент трансформации:

$$K_m = \frac{w_1}{w_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

где w_1 и w_2 – числа витков обмоток указаны на щите трансформатора

Расчёт параметров схемы замещения выполнить для точки $U_1 = U_k$

Коэффициент мощности при КЗ

$$\cos \varphi_k = \frac{P_k}{U_k \cdot I_{1k}}$$

Полное сопротивление КЗ, Ом

$$Z_k = \frac{U_k}{I_{1k}}$$

Активное сопротивление КЗ, Ом

$$R_k = \frac{P_k}{I_{1k}^2}$$

Индуктивное сопротивление КЗ, Ом

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

Активная составляющая напряжения КЗ, %

$$u_a = \frac{I_{1k} \cdot R_k}{U_H} \cdot 100$$

Реактивная составляющая напряжения КЗ, %

$$u_p = \frac{I_{1k} \cdot X_k}{U_H} \cdot 100$$

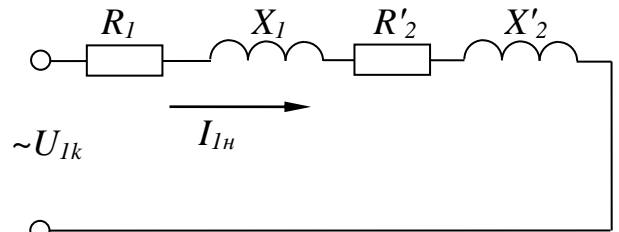


Рисунок 2.2 – Схема замещения трансформатора при коротком замыкании

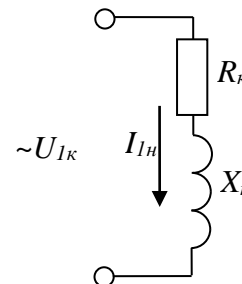


Рисунок 2.3 – Упрощенная схема замещения трансформатора при коротком замыкании

Порядок самостоятельной деятельности:

1. Ознакомиться с методическими указаниями, оборудованием и приборами.

2. Плавно повышая напряжение на первичной обмотке при помощи регулятора G, измерить токи и мощность трансформатора при коротком замыкании. Результаты занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты измерений

$U_1, В$	0	2	4	6	8	10
$I_{1к}, А$						
$I_2, А$						
$P_k, Вт$						

3. Рассчитать коэффициент трансформации по токам.

4. Построить графики зависимости потребляемого тока и мощности от напряжения короткого замыкания $I_{1к}, P_k = f(U_1)$.

5. Для опыта короткого замыкания при токе, соответствующем номинальному току $I_1 = I_{1н}$ определить потери в обмотках трансформатора (по графику $I_{1к}, P_k = f(U_1)$).

6. Рассчитать напряжение короткого замыкания, %.

7. Рассчитать параметры схемы замещения и коэффициент мощности.

8. Построить треугольник сопротивлений короткого замыкания.

9. Составить отчёт и сделать выводы:

– сравнить действительный коэффициент трансформации с рассчитанным по токам;

– определить закон изменения потерь в меди при увеличении напряжения трансформатора.

3.3 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы № 3

Тема «Трёхфазный трансформатор»

Цель работы: определить отношения линейных и фазных напряжений и группы соединений обмоток трансформатора.

Оборудование и приборы:

T – трёхфазный трансформатор $S_n = 500 \text{ В} \cdot \text{А}$, $U_n = 220 \text{ В}$, $f_n = 50 \text{ Гц}$,
 $w_1 = 472$, $w_2 = 94$;

PV – вольтметр переменного тока Э381, 300 В; кл. 0,5;

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция.

Схема опыта:

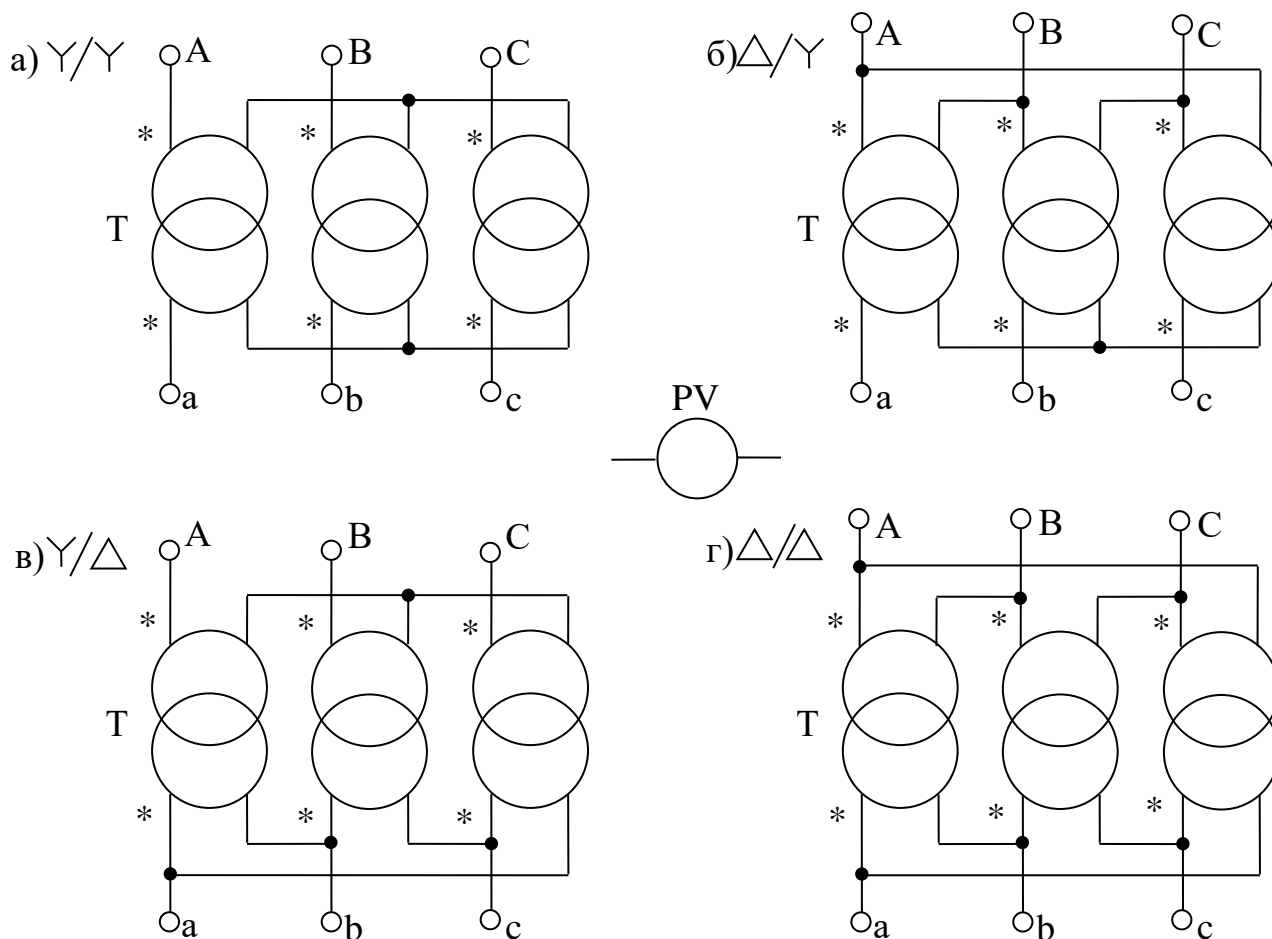


Рисунок 3.1 – Соединения обмоток трехфазного трансформатора:

а) «звезда» – «звезда»; б) «треугольник» – «звезда»;

в) «звезда» – «треугольник»; г) «треугольник» – «треугольник».

Краткие сведения из теории.

Коэффициент трансформации, K

$$K = \frac{w_1}{w_2}$$

где w_1, w_2 - число витков фаз, указаны на лабораторном щитке;

Сила тока номинальная, A

Первичной цепи:

$$I_{1H} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{1H}}$$

Вторичной цепи:

$$I_{2H} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{2H}} = \frac{S_H \cdot K}{\sqrt{3} \cdot U_{1H}}$$

Для проверки фазировки в схеме Y/Y соединить гибкой перемычкой клеммы «А» и «а».

Затем включить трансформатор в сеть измерить напряжения между зажимами «В» и «b».

Если вектора напряжений соответствующих фаз совпадает, то

$$U_{Bb} = U_{ab} \cdot (K - 1)$$

Если вектора напряжений соответствующих фаз противоположное, то

$$U_{Bb} = U_{ab} \cdot (K + 1)$$

Порядок самостоятельной деятельности:

При выполнении работы соблюдать осторожность, т. к. используются напряжение **опасное для жизни**. Все переключения обмоток выполнять только при отключенной сети. Переключения обмоток на разные схемы выполняется при помощи жестких перемычек.

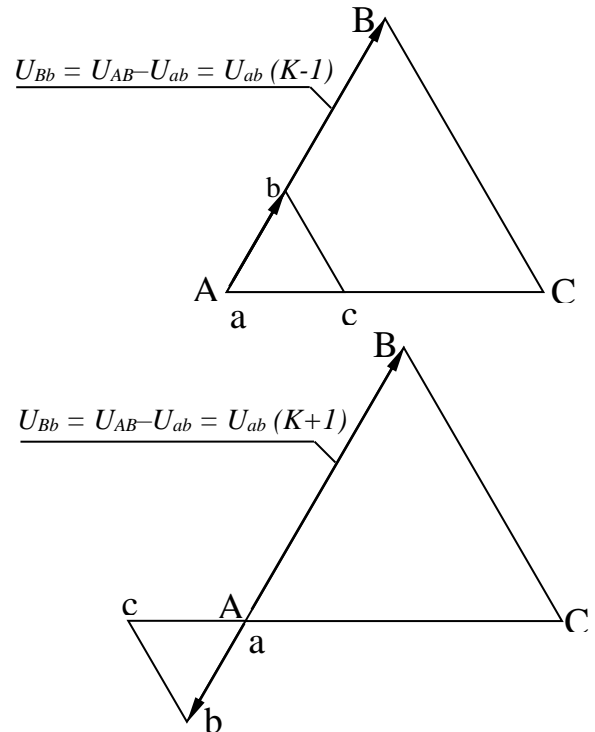


Рисунок 3.2 – Вектора напряжений трансформатора при проверке фазировки

1. Ознакомиться с методическими указаниями, оборудованием и приборами. Рассчитать коэффициент трансформации трансформатора.

2. Собрать цепь, соединить обмотки трансформатора «звезда-звезда» (см. рисунок 3.1.а). Включить трансформатор в сеть и вольтметром PV проверить симметричность линейных напряжений:

$$\text{Первичной обмотки } U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_1$$

$$\text{Вторичной обмотки } U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = U_2$$

3. Поочередно соединяя обмотки по заданным схемам (см. рисунок 3.1. а-г), измерить линейные и фазные напряжения в первичной и вторичной системах. Результаты опытов занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений и расчетов

№	Схема соединения	ВН		НН		Отношения		Группа соединения
		U_1	$U_{1\phi}$	U_2	$U_{2\phi}$	U_1/U_2	$U_{1\phi}/U_{2\phi}$	
1	Y/Y							
2	Δ /Y							
3	Y/ Δ							
4	Δ / Δ							

Где $U_{1\phi}$, $U_{2\phi}$ - фазные напряжения на обмотках ВН и НН

$$\text{Первичной обмотки } U_{AX} = U_{BY} = U_{CZ} = U_{1\phi}$$

$$\text{Вторичной обмотки } U_{ax} = U_{by} = U_{cz} = U_{2\phi}$$

4. Рассчитать отношения U_1/U_2 линейных и $U_{1\phi}/U_{2\phi}$ - фазных напряжений соответствующих фаз при различных схемах соединения обмоток.

5. В схеме Y/Y «методом вольтметра» проверить фазировку обмоток высшего и низшего напряжений соответствующих фаз.

6. Составить отчет и сделать выводы:

- как зависят отношения линейных и фазных напряжений от способа соединения обмоток трансформатора?
- при каком из способов во вторичной цепи можно получить наибольшее напряжение, а при каком соединении - наибольший ток?
- к какой группе относится схема Y/Y в указанной на щитке маркировки зажимов?

3.4 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №4

Тема «Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»

Цель работы: снять рабочие характеристики двигателя.

Оборудование и приборы:

М – асинхронный двигатель ПА22 Δ/Y 220В/380 В, $f = 50$ Гц, $P_n = 120$ Вт,

$2p = 2$; $n_n = 2800$ об/мин;

У – тормоз-моментометр, 80 Н·см

РА – амперметр переменного тока Э378, 1А

PV1 – вольтметр переменного тока Э378, 250 В

PV2 – вольтметр, проградуированный в об/мин

G – тахогенератор ТГП-1 (1 В = 200 об/мин)

BC-24М – источник постоянного тока регулируемого напряжения.

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция

Схема опыта:

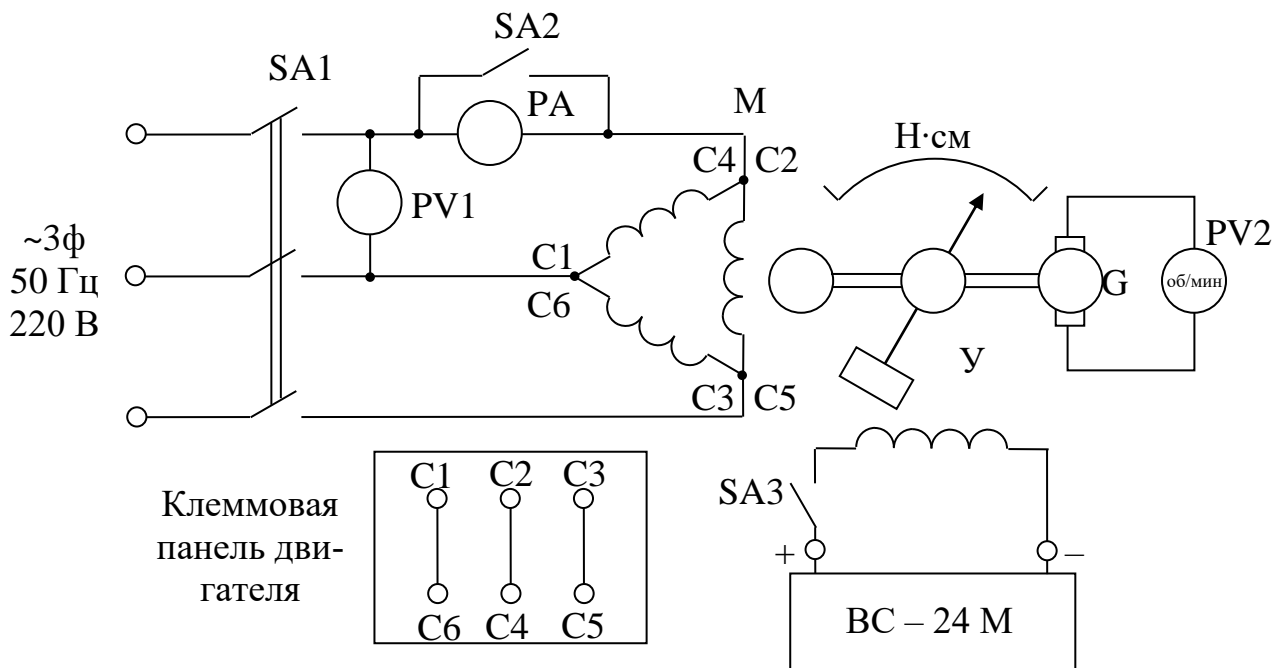


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема опыта

Краткие сведения из теории.

Скольжение, %

$$s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \cdot 100$$

где $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$ – синхронная частота вращения

Мощность на валу, Вт

$$P_2 = \frac{M_2 \cdot n_2}{955}$$

где M_2 - момент на валу, Н·см;

n_2 – частота вращения вала, об/мин.

Энергетический показатель

$$\eta \cdot \cos \varphi = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}$$

где U – действительное напряжение сети, В;

I – линейный ток двигателя, А.

Коэффициент нагрузки

$$K_H = \frac{P_2}{P_H}$$

где P_H – номинальная мощность двигателя

Для $K_H = 1$ определить по графикам действительные параметры двигателя.

Порядок самостоятельной деятельности:

Для предохранения амперметра РА от броска пускового тока на время пуска амперметр следует шунтировать выключателем SA2. После запуска SA2 разомкнуть.

В лабораторной работе используется агрегат из двигателя, тормоза-моментометра и тахогенератора, сцепленных при помощи эластичных муфт.

Момент на валу двигателя регулируется при помощи тормоза-моментометра путем изменение постоянного тока на обмотке тормоза У.

1. Ознакомиться с оборудованием, приборами, методическими указаниями.

2. Запустить двигатель на холостом ходу. Измерить действительное напряжение сети.

3. При помощи тормоза-моментометра увеличивать момент на валу двигателя, измеряя потребляемый ток и частоту вращения. Результаты занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений и вычислений.

Опыт			Расчет			
M_2 Н·см	I А	n_2 об/мин	s %	P_2 Вт	$\eta \cos \varphi$	K_n
0						
20						
30						
40						
50						
60						

4. Рассчитать для каждого опыта:

s – скольжение, %

P_n – мощность на валу;

$\eta \cos \varphi$ – энергетический показатель;

K_n – коэффициент нагрузки;

5. Построить графики зависимости тока, момента на валу, энергетического коэффициента и частоты вращения вала в зависимости от коэффициента нагрузки при постоянном напряжении: $I, M_2, \eta \cos \varphi, n_2 = f(K_n)$ при $U = \text{const}$.

6. Составить отчет и сделать выводы.

- как изменяется потребление тока в статоре при увеличении нагрузки?
- как изменяется частота вращения вала при увеличении нагрузки и с чем это связано?
- проанализируйте зависимость энергетического показателя от нагрузки и объясните ее поведение.

3.5 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №5

Тема «Однофазный асинхронный двигатель»

Цель работы: исследовать трехфазный асинхронный двигатель в однофазном режиме.

Оборудование и приборы:

М – асинхронный двигатель тип: ПА22 Δ/Y 220В/380В, $f = 50$ Гц, $P_n = 120$ Вт, $2p = 2$; $n_n = 2800$ об/мин;

У – тормоз-моментометр, 80 Н см

РА – амперметр переменного тока Э378, 1А

PV1 – вольтметр переменного тока Э378, 250 В

PV2 – вольтметр постоянного тока, проградуированный в об/мин

G – тахогенератор ТГП-1 (1 В = 200 об/мин)

BC - 24М – источник постоянного тока регулируемого напряжения.

C – батарея конденсаторов, 32 мкф, 400В

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция.

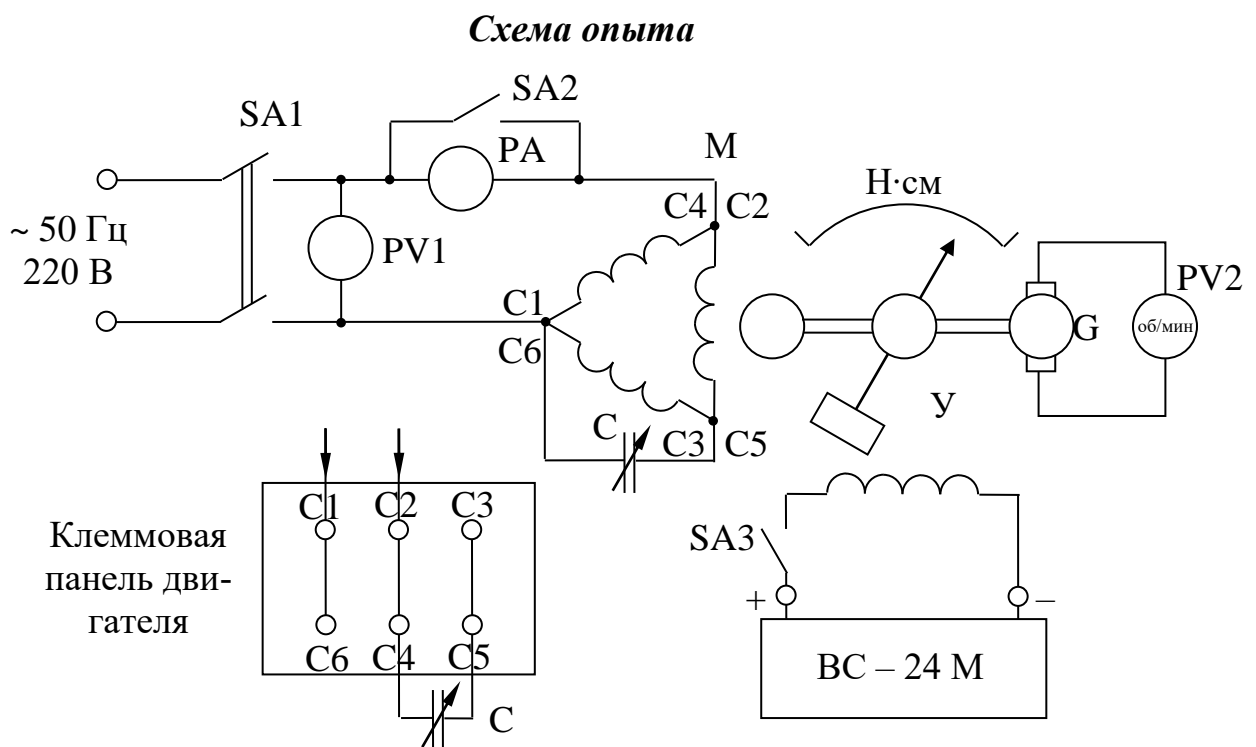


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема опыта

Краткие сведения из теории.

Емкость рабочего конденсатора, мкФ

$$C_p = \frac{P_H \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_H^2}$$

где P_H – номинальная мощность трехфазного двигателя, Вт

$U_H = 220$ В – номинальное фазное напряжение

Емкость пускового конденсатора, мкФ

$$C_n = 2 \cdot C_p$$

Расчетные емкости C_n и C_p округлить до ближайшей стандартной величины.

Полезная мощность на валу, Вт

$$P_2 = \frac{M_2 \cdot n_2}{955}$$

где M_2 – момент на валу, Н см

Энергетический показатель двигателя в однофазном режиме

$$\eta \cdot \cos \varphi = \frac{P_2}{U \cdot I}$$

где U – действительное напряжение сети

Коэффициент нагрузки

$$K_H = \frac{P_2}{P_H}$$

где P_H – номинальная мощность двигателя

Для $K_H = 1$ определить по графикам действительные параметры двигателя.

Порядок самостоятельной деятельности:

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать **особую осторожность**, т.к. для проведения опытов используется конденсаторная батарея, способная сохранять заряд напряжением 220 В. После окончания работы **конденсатор разрядить** короткозамыкающей перемычкой. На время пуска амперметр шунтировать выключателем SA2.

1. Ознакомиться с оборудованием, приборами, методическими указаниями.

2. Рассчитать емкость пускового и рабочего конденсаторов.

3. Включить двигатель в однофазную сеть на холостом ходу с пусковым конденсатором. После раскрутки двигателя емкость конденсатора уменьшить до величины рабочей. Измерить напряжение сети.

4. При помощи тормоза-моментомера плавно увеличивать момент на валу двигателя, измеряя потребляемый ток и частоту вращения. Результаты занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты измерений и расчетов.

Опыт			Расчет			
M_2 Н·см	I А	n_2 об/мин	s %	P_2 Вт	$\eta \cos \varphi$	K_n
0						
10						
20						
30						
40						

5. Рассчитать для каждого опыта:

- s – скольжение, %;
- P_2 – мощность на валу;
- $\eta \cos \varphi$ – энергетический показатель;
- K_n – коэффициент нагрузки;

6. Построить графики зависимости тока, момента на валу, энергетического коэффициента и частоты вращения вала в зависимости от коэффициента нагрузки при постоянном напряжении: $I, M_2, \eta \cos \varphi, n_2 = f(K_n)$ при $U = \text{const}$.

7. Составить отчет и сделать выводы.

- Для чего нужны конденсаторы в схеме?
- Насколько допустимая нагрузка для АД в однофазном режиме отличается от допустимой нагрузки АД в трехфазном режиме?
- Почему при работе АД в однофазном режиме энергетический показатель выше, чем при аналогичных нагрузках при работе в трехфазном режиме?

3.6 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №6

Тема «Синхронный генератор с электромагнитным возбуждением»

Цель работы: экспериментально исследовать зависимости ЭДС генератора от тока его возбуждения. Определить степени насыщения магнитной системы генератора.

Оборудование и приборы:

М – приводной двигатель постоянного тока ГСК-1500, $U_{ном} = 30В$;

G1 – генератор переменного тока ГО4ПЧ4, $U_n=120 В$, $f=400 Гц$; $S_n=4кВА$

G2 – источник постоянного тока регулируемого напряжения;

РА – амперметр переменного тока М4200, 50 А;

PV – вольтметр переменного тока Э378, 150 В;

PF – частотомер Э4, 380...480 Гц;

R1 – реостат 30 Ом, 5 А;

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция.

Схема опыта:

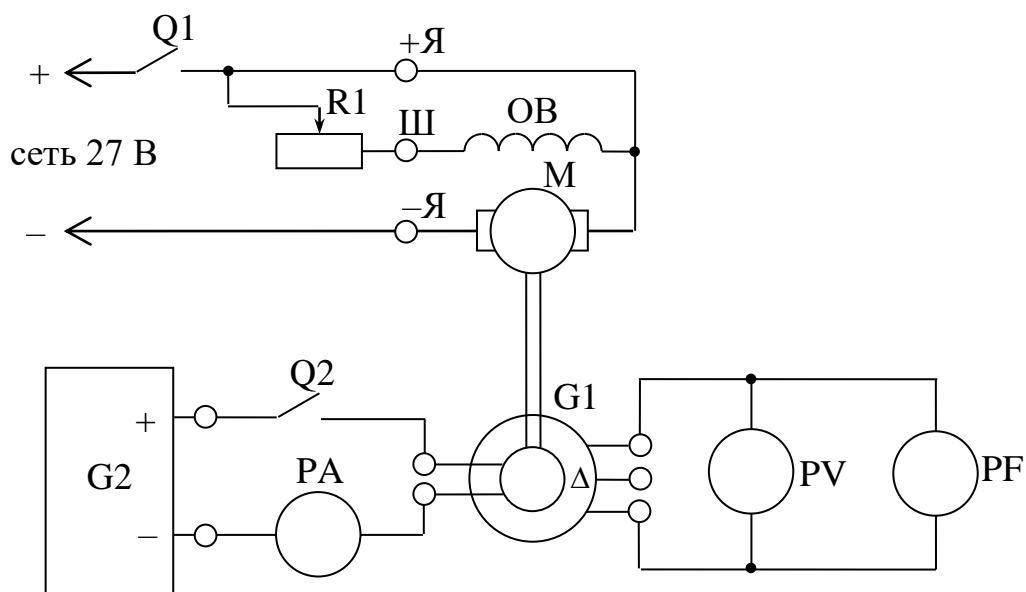


Рисунок 6.1 – Принципиальная схема опыта

Краткие сведения из теории

Исходное положение реостата $R = 0$ что соответствует минимальной частоте вращения двигателя.

Характеристика должна сниматься при плавном, монотонном увеличении тока возбуждения от нуля до наибольшего значения.

Остаточная ЭДС, %

$$E_0 \% = \frac{E_0}{U_H} \cdot 100\%$$

Степень магнитного насыщения можно определить по графику $E = f(I_e)$, проведя касательную к прямолинейному участку характеристики до пересечения с прямой уровня $E = U_H$

Если $K_n < 1,2$ – ненасыщенная

$K_n = 1,2 \dots 1,6$ – средне насыщенная

$K_n > 1,6$ – насыщенная

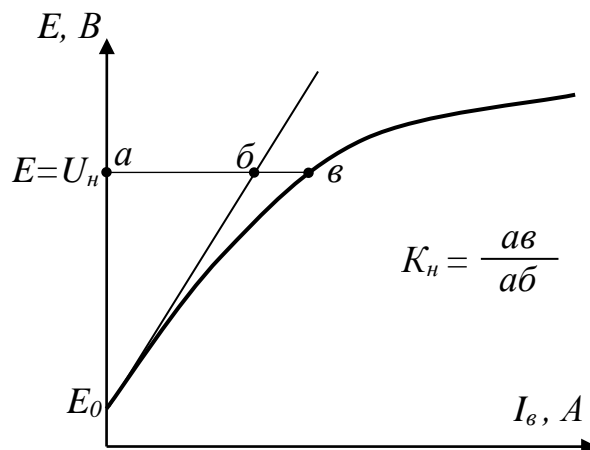


Рисунок 6.2 – График намагничиваемости $E = f(I_e)$

Порядок самостоятельной деятельности

1. Ознакомиться с заданием, методическими указаниями, оборудованием и приборами.

2. Запустить приводной двигатель. Возбудить генератор. Установить при помощи реостата $R1$ частоту вращения приводного двигателя такой, чтобы частота генератора была равной 400 Гц. В течение всего опыта частота должна быть ПОСТОЯННОЙ.

3. Изменяя ток возбуждения генератора от 0 А до 15 измерять ЭДС генератора. Результаты измерения занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты измерений.

I, A	0	3	6	9	12	15
E, B						

4. По результатам опыта построить график характеристики холостого хода. $E = f(I_B)$ при токе нагрузки $I_H = 0$ и частоте тока генератора $f = \text{const}$.

5. Для точки $E = U_H$ определить степень насыщения магнитной цепи генератора.

6. Определить ЭДС от тока остаточного магнетизма в процентах к номинальному напряжению;

7. Составить отчёт и сделать выводы по работе.

– объяснить характер зависимости ЭДС от тока возбуждения (по формуле);

– оценить степень насыщения магнитной цепи генератора;

– от чего зависит частота тока генератора?

3.7 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №7

Тема «Электродвигатель постоянного тока параллельного возбуждения»

Цель работы: экспериментально снять естественную рабочую характеристику и определить параметры двигателя.

Оборудование и приборы:

G1, G2 – источники постоянного тока ВС-24М;

M – двигатель постоянного тока, тип Д-15ТФ, $U_n = 27$ В, $P_n = 15$ Вт, режим S3;

У – тормоз моментомер 3 Н·см;

G3 – тахогенератор ТГП-1 (1 В = 200 об/мин);

РА – амперметр постоянного тока Э378, 3 А

PV1 – вольтметр постоянного тока Э59, 30 В

PV2 – вольтметр М366, проградуированный в об/мин

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция.

Схема опыта:

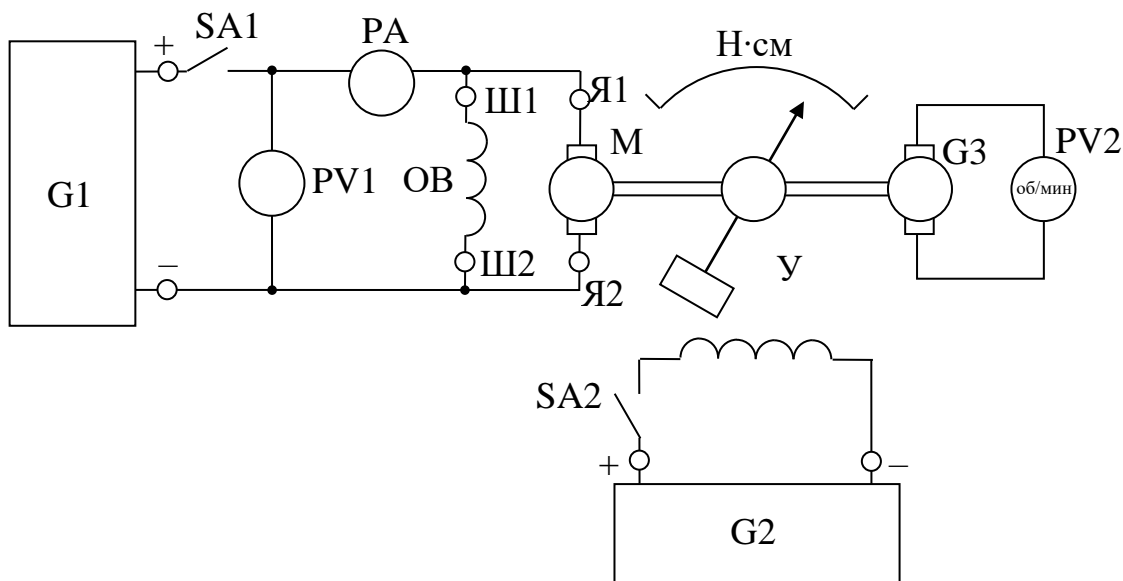


Рисунок 7.1 – Принципиальная схема опыта

Краткие сведения из теории.

Используемый в работе двигатель имеет повторно-кратковременный режим работы, поэтому во избежание его перегрева опыт по снятию характеристик следует выполнить не более чем за 7 мин.

Для измерения частоты вращения используется тахогенератор ТГП-1 и вольтметр МЗ66, проградуированный в об/мин.

Зависимости M , I , $n = f(P_2)$ следует построить на одном поле с разными ординатами и одной абсциссой. Рекомендуется вместо абсолютной мощности использовать коэффициент нагрузки.

Изменение частоты вращения, %:

$$\Delta n = 100 \cdot \frac{n_0 - n_n}{n_n}$$

где n_0 – частота вращения на холостом ходу,

n_n – частота вращения при номинальной нагрузке.

Сила тока холостого хода, %:

$$I_0 \% = 100 \cdot \frac{I_0}{I_n}$$

где I_0 – ток якоря на холостом ходу,

I_n – ток якоря при номинальной нагрузке.

Потребляемая мощность, Вт:

$$P_1 = U \cdot I$$

Полезная мощность, Вт:

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{955}$$

Коэффициент нагрузки:

$$K_n = \frac{P_2}{P_n}$$

P_n – номинальная мощность двигателя, Вт.

КПД, %:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

Порядок самостоятельной деятельности:

1. Включить двигатель на номинальное напряжение $U_n = 27$ В, которое в течение всего опыта поддерживать постоянным.

2. Изменяя напряжение на обмотке тормоза-моментамера, плавно увеличивать момент сопротивления на валу двигателя, при этом измерять силу тока и частоту вращения двигателя. Для каждого опыта рассчитать полезную мощность P_2 . Результаты занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Таблица результатов измерений и расчета

$M, \text{Н}\cdot\text{см}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$I, \text{А}$							
$n, \text{об/мин}$							
$P_2, \text{Вт}$							
K_H							

3. По результатам опыта построить графики рабочих характеристик – зависимостей момента, тока якоря и частоты вращения вала от полезной мощности: $M, I, n = f(K_H)$, при $U = 27$ В – const.

4. Заполнить таблицу результатов опыта (таблица 7.2)

Таблица 7.2 – Номинальные данные двигателя по результатам опыта:

$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$M, \text{Н}\cdot\text{см}$	$n, \text{об/мин.}$	$P_1, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$	$\eta, \%$

5. Составить отчёт и сделать выводы:

- оценить ток холостого хода;
- оценить жёсткость скоростной характеристики;

3.8 Технологическая карта-инструкция по выполнению лабораторной работы №8

Тема «Электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения»

Цель работы: экспериментально снять естественную механическую характеристику и определить параметры двигателя.

Оборудование и приборы:

G1, G2 – источники постоянного тока ВС-24М;

M – двигатель постоянного тока, тип МУ-50, $U_n = 27$ В, $P_n = 75$ Вт, режим S3; (опыт производится при пониженном напряжении $U = 18$ В, при этом в расчетах номинальной мощностью считать $P = 50$ Вт)

У – тормоз-моментомер 10 Н·см;

G3 – тахогенератор ТГП-1(1 В = 200 об/мин);

РА – амперметр постоянного тока Э378, 5 А

PV1 – вольтметр постоянного тока Э59, 30 В

PV2 – вольтметр М366, проградуированный в об/мин

Бланк для отчетов по лабораторным работам, технологическая карта-инструкция.

Схема опыта:

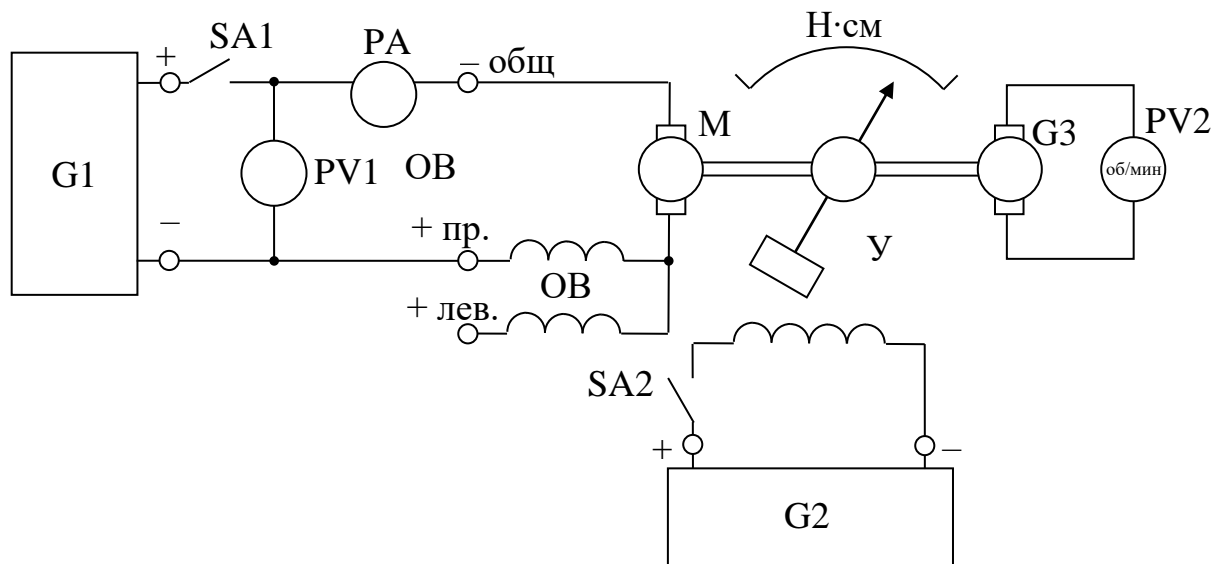


Рисунок 8.1 – Принципиальная схема опыта

Краткие сведения из теории.

Используемый в работе двигатель имеет повторно-кратковременный режим работы, поэтому во избежание его перегрева опыт по снятию характеристик следует выполнить не более чем за 5 мин.

НЕ ВКЛЮЧАТЬ двигатель на холостом ходу (без нагрузки)! По окончании опыта сначала отключается двигатель, а затем нагрузка.

Для измерения частоты вращения используется тахогенератор ТГП-1 и вольтметр МЗ66, проградуированный в об/мин.

Потребляемая мощность, Вт:

$$P_1 = U \cdot I$$

Полезная мощность, Вт:

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{955}$$

КПД, %:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

Изменение частоты вращения, %:

$$\Delta n = 100 \cdot \frac{n_2 - n_8}{n_8}$$

где n_2 – частота вращения при моменте 2 Н·см,

n_8 – частота вращения при моменте 8 Н·см

Порядок самостоятельной деятельности:

1. Ознакомиться с заданием, оборудованием и приборами и записать их номинальные данные.

2. Включить тормоз-моментомер и двигатель. Установить на двигателе напряжение $U = 18$ В и тормозом-моментомером нагрузку на валу двигателя 2 Н·см.

3. Плавно изменяя момент на валу двигателя от 2 до 8 Н·см, измерить потребляемый ток и частоту вращения. В течение всего опыта напряжение поддерживать постоянным $U = 18$ В.

Таблица 8.1 – Таблица результатов измерения.

$M, \text{Н}\cdot\text{см}$	2	3	4	5	6	7	8
$I, \text{А}$							
$n, \text{об/мин}$							

4. Проверить возможность реверса двигателя.

5. По результатам опыта построить графики: зависимости частоты вращения от момента на валу (механическая характеристика) – $n = f(M)$ и зависимости потребляемого тока от момента на валу – $I = f(M)$.

6. Для точки момента $M = 8$ Н·см рассчитать потребляемую и полезную мощность, определить КПД.

Таблица 8.2 – Данные двигателя по результатам опыта

$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$M, \text{Н}\cdot\text{см}$	$n, \text{об/мин.}$	$P_1, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$	$\eta, \%$

7. Составить отчёт и сделать выводы:

– Как изменялись обороты при изменении нагрузки? Какой является механическая характеристика двигателя?

– Во сколько раз изменился потребляемый ток при изменении момента в 4 раза и почему?

– Почему нельзя включать двигатель на холостом ходу?

– Как выполняется реверс двигателя?

4 Список литературы

1. **Кацман, М.М.** Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу / М.М. Кацман –7-е изд.,стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 256 с.

2. **Кацман, М. М.** Электрические машины [Текст]: Учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М.М.Кацман - 9-е изд.,стер. - М.: . Издательский центр «Академия»; 2008. - 496 с.: ил.

