

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра электротехники
и авиационного электрооборудования

С.П. Халютин, А.О. Давидов

АВИАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

*для студентов III курса
направления 25.03.02
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2020

УДК 621.313
ББК 6П2.1
Х17

Рецензент:

Савелов А.А. – канд. техн. наук, доцент

Халютин С.П.

Х17 **Авиационные электрические машины [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / С.П. Халютин, А.О. Давидов. – М.: ИД Академии Жуковского, 2020. – 96 с.**

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Авиационные электрические машины» для студентов III курса направления 25.03.02 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 15.09.2020 г. и методического совета 15.09.2020 г.

**УДК 621.313
ББК 6П2.1**

В авторской редакции

Подписано в печать 10.12.2020 г.

Формат 60x84/16 Печ. л. 6 Усл. печ. л. 5,58
Заказ № 723/1008-УМП25 Тираж 90 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	4
1.1. Организация работ.....	4
1.2. Оформление отчета и защита.....	4
1.3. Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра.....	5
1.4. Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока.....	6
2. Лабораторные работы.....	7
Лабораторная работа № 1. Исследование электрической цепи постоянного тока.....	7
Лабораторная работа № 2. Генераторы постоянного тока с независимым / параллельным возбуждения.....	22
Лабораторная работа № 3. Двигатели постоянного тока с параллельным возбуждением.....	36
Лабораторная работа № 4. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.....	51
Лабораторная работа № 5. Трехфазный синхронный генератор.....	67
Лабораторная работа № 6. Трехфазный синхронный двигатель.....	82
Рекомендуемая литература.....	96

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Организация работ

Лабораторные работы проводятся на стендах в лаборатории «Электрические машины» с использованием реального оборудования.

Для выполнения лабораторных работ учебная группа (подгруппа) разбивается на бригады по 2-4 человека.

Перед проведением работы студенты должны ознакомиться с ее описанием и заданиями, подготовить (начертить) электрические схемы и таблицы для результатов измерений и вычислений.

Допуск студентов к лабораторной работе осуществляется на основе индивидуальной беседы преподавателя со студентом. Допуск к очередной работе может производиться при условии предварительной защиты предыдущих работ. При недопуске студент обеспечивается индивидуальным учебным заданием и должен находиться до окончания занятий в учебной лаборатории.

Прежде чем приступить к сборке схемы лабораторной работы, нужно подобрать необходимые приборы, вспомогательную аппаратуру (реостаты, шунты, магазины сопротивлений, емкостей и т.п.).

Сборку электрической схемы следует начинать с основных силовых цепей, включающих нагрузки, амперметры, токовые обмотки ваттметров. После этого подключить вольтметры и обмотки напряжений ваттметров. После окончания сборки схемы следует предъявить ее для проверки преподавателю. **Включать схему под напряжение только с разрешения преподавателя!**

1.2. Оформление отчета и защита

После оформления экспериментальной части лабораторной работы студенты обрабатывают результаты и составляют отчет о проделанной работе. Отчет оформляется в тетради или на специальных бланках выполнения лабораторных работ.

Схемы, таблицы, графики выполняются карандашом в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Допускается применение средств компьютерной графики.

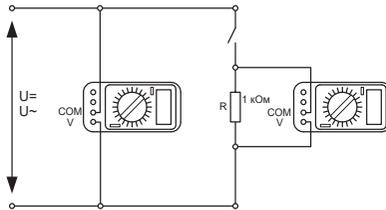
Таблицы с данными измерений и вычислений, графики и диаграммы сопровождаются краткими пояснениями.

Защита лабораторной работы производится непосредственно после ее выполнения и оформления на данном или следующем занятии в лаборатории.

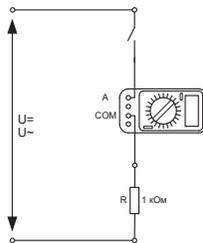
1.3. Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра

Для измерения трех базовых электрических величин (напряжения, тока и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

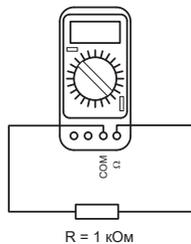
- установка рода тока (постоянный/переменный);
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к измеряемой цепи.



Присоединение мультиметра как вольтметра

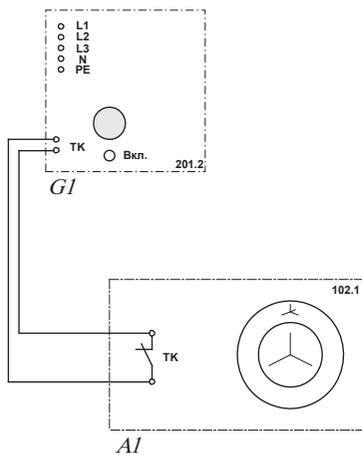


Присоединение мультиметра как амперметра



Присоединение мультиметра как омметра

1.4. Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока



Обозначение	Наименование	Параметры
A1	Машина переменного тока	100 Вт / 230 В ~ / 1500 мин ⁻¹
G1	Трехфазный источник питания	400 В ~ / 6 А

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1. Однофазный трансформатор

1.1. Определение коэффициента трансформации однофазного трансформатора

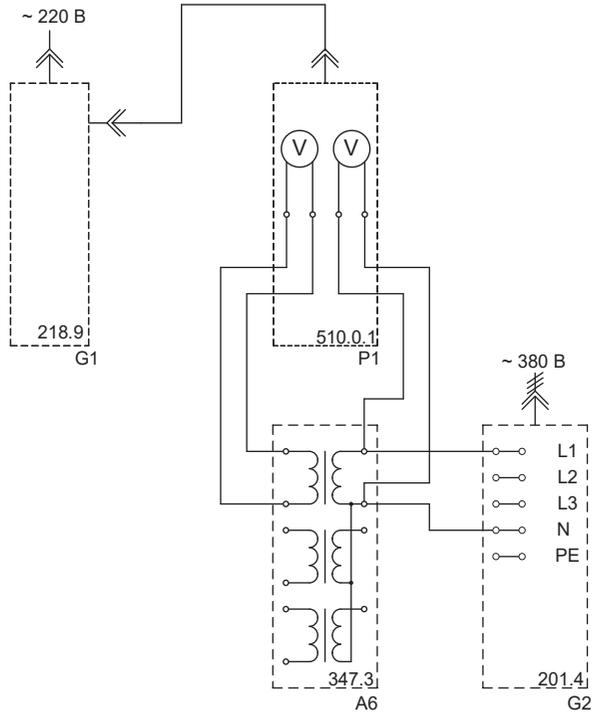


Рис. 1.1

Таблица 1.1

Обозначение	Наименование	Параметры
A6	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~ 400 В / 6 А
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления «⊕» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис. 1.1.
- В трансформаторной группе А6 переключателями установите желаемый коэффициент трансформации, например, $K = 1$, установив значения номинального первичного и вторичного фазного напряжения 230 В соответственно.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Измерьте с помощью мультиметра блока P1 напряжения U_1 на вводе первичной обмотки трансформатора и напряжение U_2 на выводах вторичной обмотки испытуемого трансформатора. Данные заносите в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

К	$U_1, В$	$U_2, В$	$K_{тр}$
1			

- Отключите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.
- Используя данные таблицы 1.2, вычислите действительный коэффициент трансформации однофазного трансформатора по формуле

$$K_{тр} = \frac{U_1}{U_2},$$

и занесите его в таблицу 1.2.

1.2. Снятие характеристик холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ однофазного трансформатора

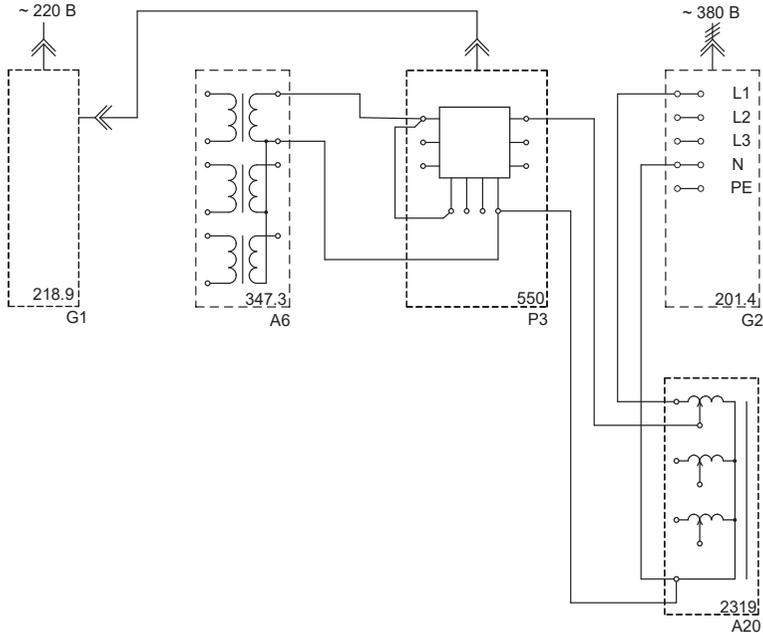


Рис. 1.2

Таблица 1.3

Обозначение	Наименование	Параметры
A6	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	~3×0...240 В / 2 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~400 В / 6 А
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « \oplus » устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис.1.2.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы А6 равным, например, 230 В соответственно.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А20, изменяйте напряжение U на выводах первичной обмотки испытуемого трансформатора в диапазоне 0...240 В, манипулируя кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » прибора P3 выбирайте отображаемые параметры (напряжение U , ток I_0 первичной обмотки трансформатора, активную мощность P_0 , коэффициент мощности $\cos \varphi_0$) и заносите их в таблицу 1.4.

Таблица 1.4

U, В									
I₀, мА									
P₀, Вт									
cos φ_0									

- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3.
- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.

- Используя данные таблицы 1.4, постройте искомые характеристики холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ однофазного трансформатора.

1.3. Снятие характеристик короткого замыкания $I_K=f(U_K)$, $P_K=f(U_K)$, $\cos\varphi_K=f(U_K)$ однофазного трансформатора

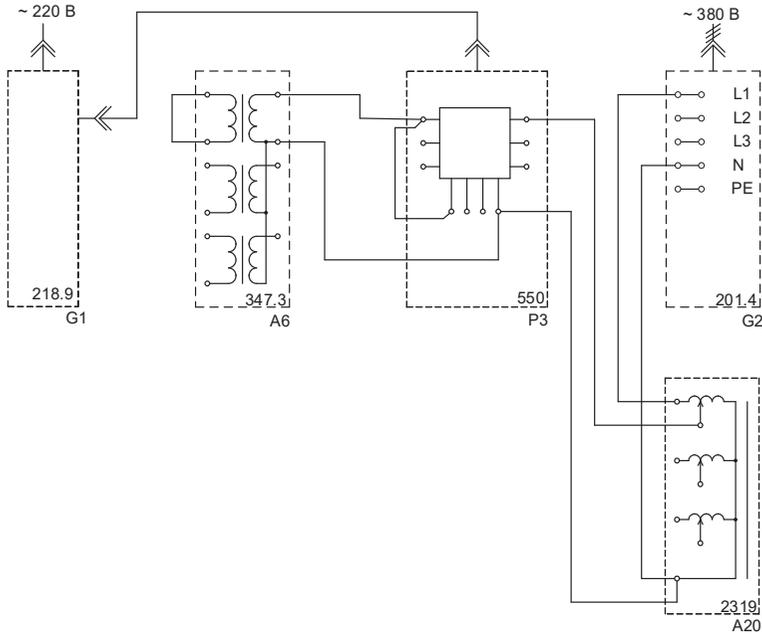


Рис. 1.3

Таблица 1.5

Обозначение	Наименование	Параметры
A6	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	~3×0...240 В / 2 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~400 В / 6 А
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

- Соедините гнезда защитного заземления «⊕» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис.1.3.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы А6 равным, например, 230 В соответственно.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» multifunctional электроизмерительного прибора P3.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора P3 выберите отображаемый параметр тока.
- **Медленно** вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 по часовой стрелке, увеличивайте ток I_k первичной обмотки испытуемого однофазного трансформатора до тех пор пока показания прибора P3 (режим отображения тока) не достигнут **0,5 А (НЕ БОЛЕЕ!)**. Манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора P3 выбирайте отображаемые параметры (напряжение U_k , ток I_k первичной обмотки трансформатора, активную мощность P_k , коэффициент мощности $\cos \varphi_k$) и заносите их в таблицу 1.6.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 против часовой стрелки, уменьшайте напряжение U_k на выводах первичной обмотки испытуемого трансформатора, манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора P3 выбирайте отображаемые параметры (напряжение U_k , ток I_k первичной обмотки трансформатора, активную мощность P_k , коэффициент мощности $\cos \varphi_k$) и заносите их в таблицу 1.6.

Таблица 1.6

I_k, A									
U_k, B									
P_k, BT									
$\cos \varphi_k$									

- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 в крайнее против часовой стрелки положение.

- Отключите выключатель «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3.
- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.
- Используя данные таблицы 1.6, постройте искомые характеристики короткого замыкания $I_k=f(U_k)$, $P_k=f(U_k)$, $\cos\varphi_k=f(U_k)$ однофазного трансформатора.

1.4. Снятие внешней характеристики $U=f(I)$ однофазного трансформатора при активной нагрузке

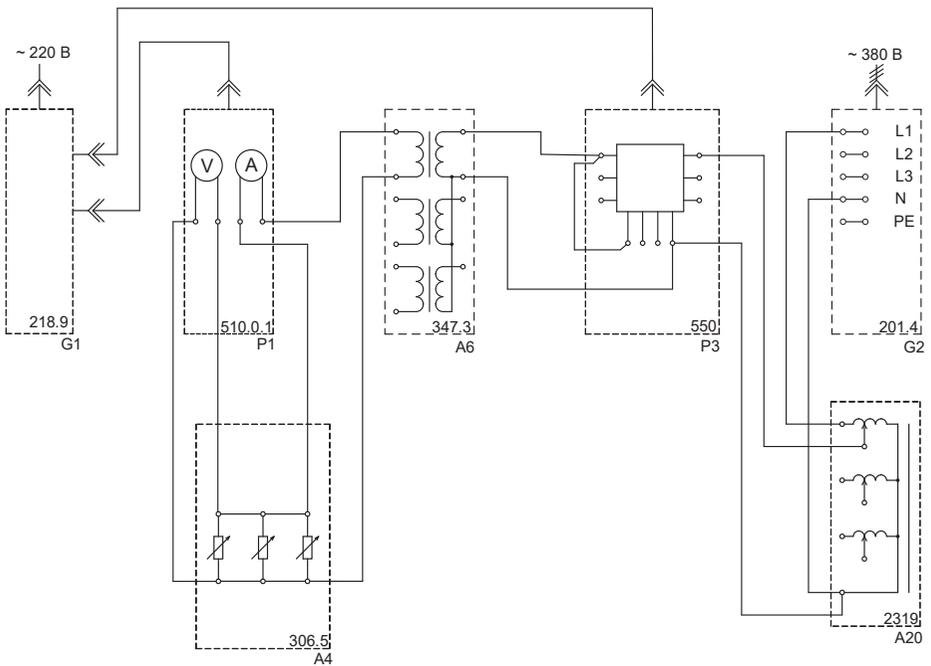


Рис. 1.4

Таблица 1.7

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	$\sim 220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 30 \text{ Вт}$;
A6	Трехфазная трансформаторная группа	$3 \times 80 \text{ Вт}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$

P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В \approx ; 0...10 А \approx ; 0...20 Мом
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cos ϕ ,

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « \oplus » устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис.1.4.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы А6 равным, например, 230 В соответственно.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Регулировочные рукоятки активной нагрузки А4 поверните в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3. Манипулируя кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » прибора P3 выберите отображаемый параметр напряжения.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 установите желаемое его выходное напряжение (первичное напряжение трансформатора А6), например, **230 В**. Напряжение контролируйте с помощью многофункционального электроизмерительного прибора P3.
- Поворачивая регулировочные рукоятки активной нагрузки по часовой стрелке, увеличивайте ток I в вторичной обмотки испытуемого однофазного трансформатора А6 до тех пор пока показания амперметра не достигнут **0,5 А (НЕ БОЛЕЕ!)** и заносите показания амперметра (ток I) и вольтметра (напряжение U) блока P1 в таблицу 1.8.

Таблица 1.8

I, A									
U, B									

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3 и блока мультиметров P1.
- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.
- Используя данные таблицы 1.8, постройте искомую внешнюю характеристику $U=f(I)$ однофазного трансформатора.

1.5. Определение рабочих характеристик $I_1=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$ однофазного трансформатора при активной нагрузке

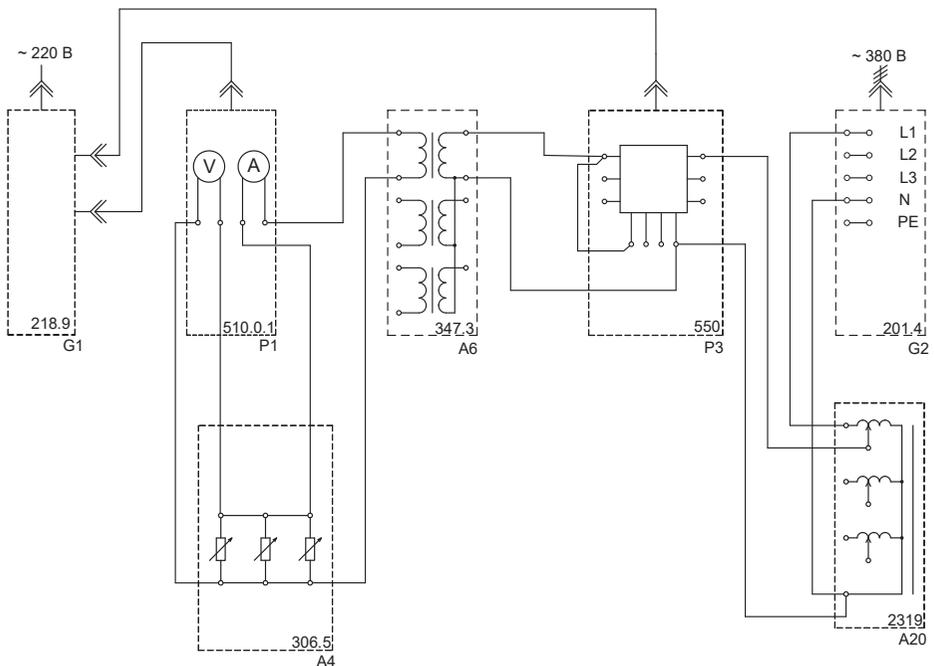


Рис. 1.5

Таблица 1.9

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	$\sim 220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 30 \text{ Вт}$;
A6	Трехфазная трансформаторная группа	$3 \times 80 \text{ Вт}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра $0 \dots 1000 \text{ В} \approx$; $0 \dots 10 \text{ А} \approx$; $0 \dots 20 \text{ Мом}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	$U, I, f,$ $P, Q, \cos \varphi,$

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « \oplus » устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис.1.5.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы A6 равным, например, 230 В соответственно.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 поверните в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3. Манипулируя кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » прибора P3 выберите отображаемый параметр напряжения.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 установите желаемое его выходное напряжение (первичное напряжение

трансформатора А6), например, **230 В**. Напряжение контролируйте с помощью многофункционального электроизмерительного прибора Р3.

- Поворачивая регулировочные рукоятки активной нагрузки по часовой стрелке, увеличивайте ток **I** вторичной обмотки испытуемого однофазного трансформатора А6 до тех пор пока показания амперметра не достигнут **0,5 А (НЕ БОЛЕЕ!)**. Манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора Р3, выбирайте отображаемые параметры (напряжение **U₁**, ток **I₁** первичной обмотки трансформатора, активную мощность **P₁**, коэффициент мощности **cos φ₁**) и показания амперметра (ток **I₂** вторичной обмотки) и вольтметра (напряжение **U₂** вторичной обмотки) блока Р1 заносите в таблицу 1.10.

Таблица 1.10

I₁, А										
P₁, Вт										
cos φ₁										
I₂, А										
U₂, В										

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки А4 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора Р3 и блока мультиметров Р1.
- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.
- Используя данные таблицы 1.10, вычислите значения полезной активной мощности **P₂** по формуле

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = U_2 \cdot I_2,$$

и занесите ее значения в таблицу 1.11.

- Используя данные таблиц 1.10 и 1.11, вычислите значение коэффициента полезного действия **η** по формуле

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

и занесите его значения в таблицу 1.11

Таблица 1.11

$P_1, \text{Вт}$									
$P_2, \text{Вт}$									
$\eta, \%$									

- Используя данные таблиц 1.10 и 1.11, постройте искомые рабочие характеристики $I_1=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$ однофазного трансформатора.

1.6. Определение уравнивающего тока, вызванного неравенством коэффициентов трансформации параллельно включенных однофазных трансформаторов

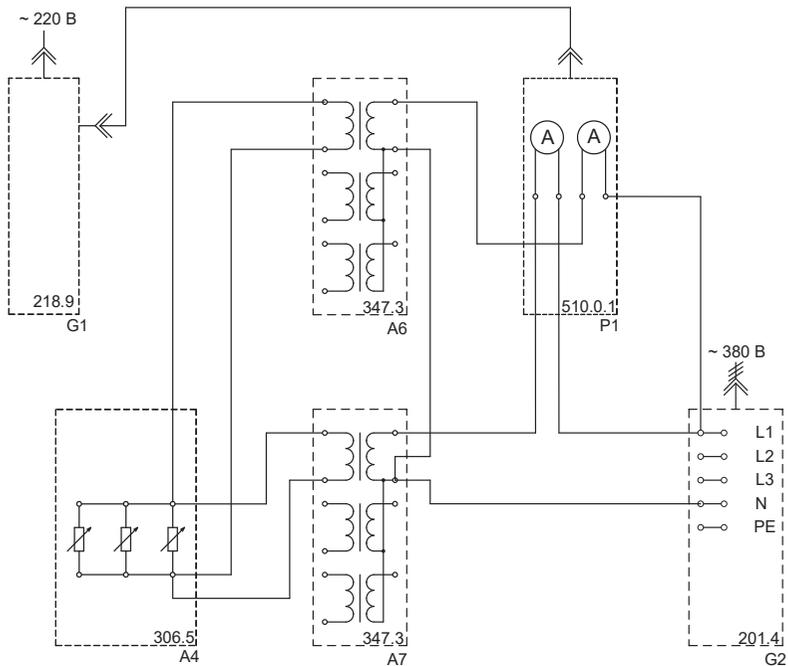


Рис. 1.6

Таблица 1.12

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	~220 В / 3×0...30 Вт;
A6, A7	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~400 В / 6 А
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В \approx ; 0...10 А \approx ; 0...20 Мом

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « \oplus » устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис.1.6.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы A6 равным, например, 230 В / 230 В соответственно.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы A7 равным, например, 230 В / 225 В соответственно
- Установите переключателями активную нагрузку в фазах блока A4, например, равной 30 %.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- С помощью амперметров блока P1 измерьте токи I_1 и I_2 нагрузки параллельно включенных однофазных трансформаторов и занесите их в таблицу 1.13.

Таблица 1.13

I_1, A	I_2, A	I_y, A

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки А4 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.
- Используя данные таблицы 1.13, вычислите значение уравнивающего тока, вызванного неравенством коэффициентов трансформации параллельно включенных однофазных трансформаторов по формуле

$$I_y = \left| \frac{I_1 - I_2}{2} \right|,$$

и занесите его значение в таблицу 1.13.

1.7. Определение небаланса токов параллельно включенных однофазных трансформаторов, вызванного неравенством их напряжений короткого замыкания

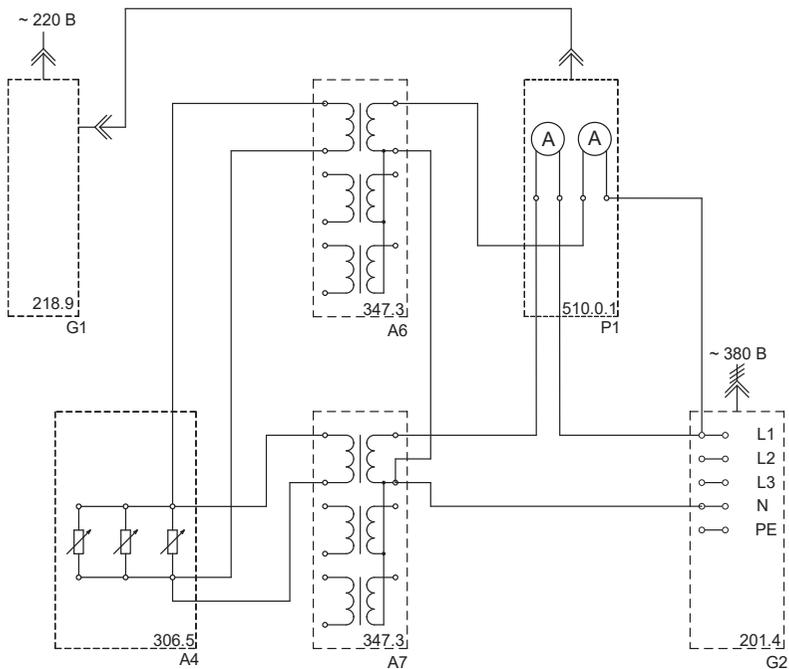


Рис. 1.7

Таблица 1.14

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	~220 В / 3×0...30 Вт;
A6, A7	Трёхфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трёхфазный источник питания	~400 В / 6 А
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В \varnothing ; 0...10 А \varnothing ; 0...20 Мом

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « \oplus » устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трёхфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, представленной на рис.1.7.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы A6 равным, например, 230 В / 230 В соответственно.
- Установите переключателями номинальное фазное напряжение первичной и вторичной обмоток трансформаторов группы A7 равным, например, 225 В / 225 В соответственно.
- Установите переключателями активную нагрузку в фазах блока A4, например, равной 30 %.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трёхфазного источника питания G2.
- С помощью амперметров блока P1 измерьте токи I_1 и I_2 нагрузки параллельно включенных однофазных трансформаторов и занесите их в таблицу 1.15.

Таблица 1.15

I_1, A	I_2, A	$\Delta I, A$

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 в крайнее против часовой стрелки положение.

- Отключите автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и трехфазного источника питания G2.
- Используя данные таблицы 1.15, вычислите небаланс токов параллельно включенных однофазных трансформаторов, вызванного неравенством их напряжений короткого замыкания по формуле

$$\Delta I = \left| \frac{I_1 - I_2}{2} \right|,$$

и занесите его значение в таблицу 1.15.

Лабораторная работа № 2. Генераторы постоянного тока с независимым / параллельным возбуждения

2.1. Снятие характеристики холостого хода $E_0=f(I_f)$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Таблица 2.1

Обозначение	Наименование	Параметры
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	0...2000 Ом / 0,25 А
A7	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	3 × 0...40 Ом / 1 А
A10, A11	Трехполюсный выключатель	~ 400 В / 10 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~400 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	±0...240 В 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	- 0...40 В / 3,5 А
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин

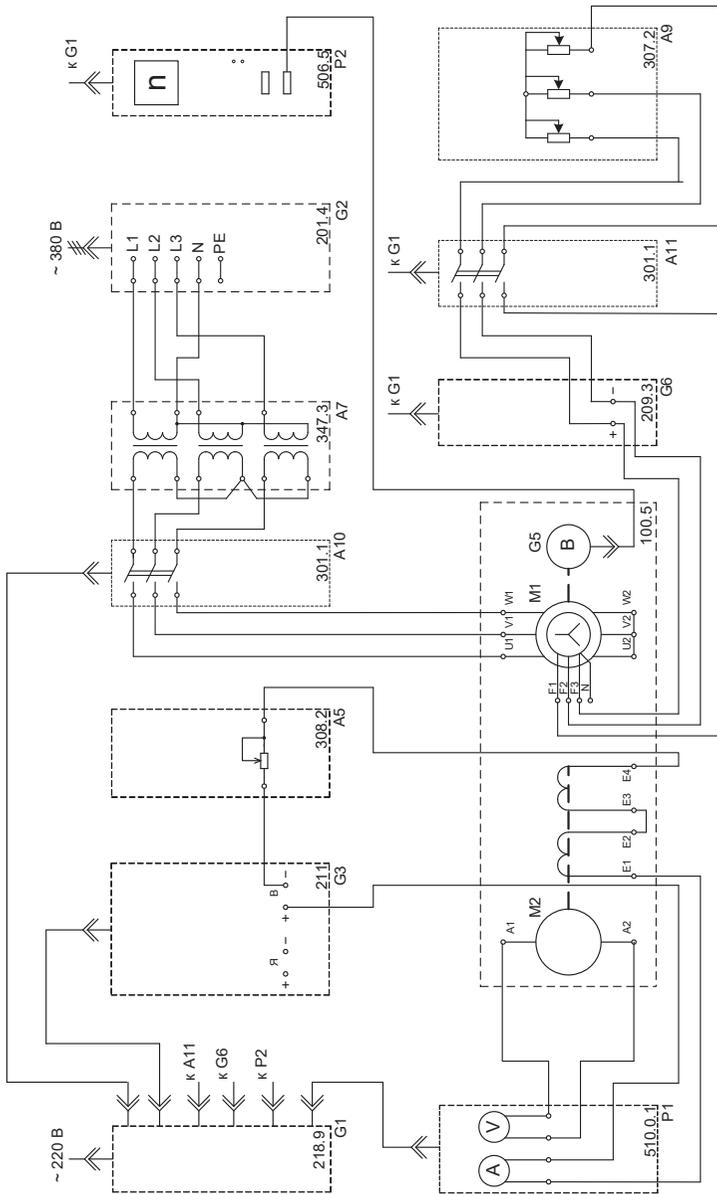


Рис. 2.1

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 2.1.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока А5 в положение 2000 Ом.
- Установите в каждой фазе реостата А9 суммарное сопротивление 8 Ом.
- Установите переключателями в трехфазной трансформаторной группе А7 номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов – 220 В.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку УУПР установите в крайнее левое положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей А10 и А11, указателя частоты вращения P2.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ».
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Нажмите кнопку «ВКЛ.» трехполюсного выключателя А10.
- После разгона двигателя М1 нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G6. Спустя, например, 5 с кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя А11. В результате должен осуществиться асинхронный пуск синхронного двигателя М1.
- С помощью вольтметра блока P1 снимите остаточное напряжение генератора постоянного тока независимого возбуждения. Данные занесите в табл. 2.2
- Включите выключатель «СЕТЬ» однофазного тиристорного преобразователя G3.

- Регулировочной рукояткой А5 уменьшайте сопротивление цепи возбуждения, тем самым изменяйте ток возбуждения I_f генератора и заносите показания амперметра блока Р1 (ток I_f) и вольтметра блока Р1 (э.д.с. E_0 генератора) в таблицу 1.2.

Таблица 2.2

I_f, A										
$E_0, В$										

- Отключите выключатель «СЕТЬ» однофазного тиристорного преобразователя G3.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 2.2, постройте искомую характеристику холостого хода $E_0=f(I_f)$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением при $n = \text{const}$.

2.2. Снятие характеристики короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением

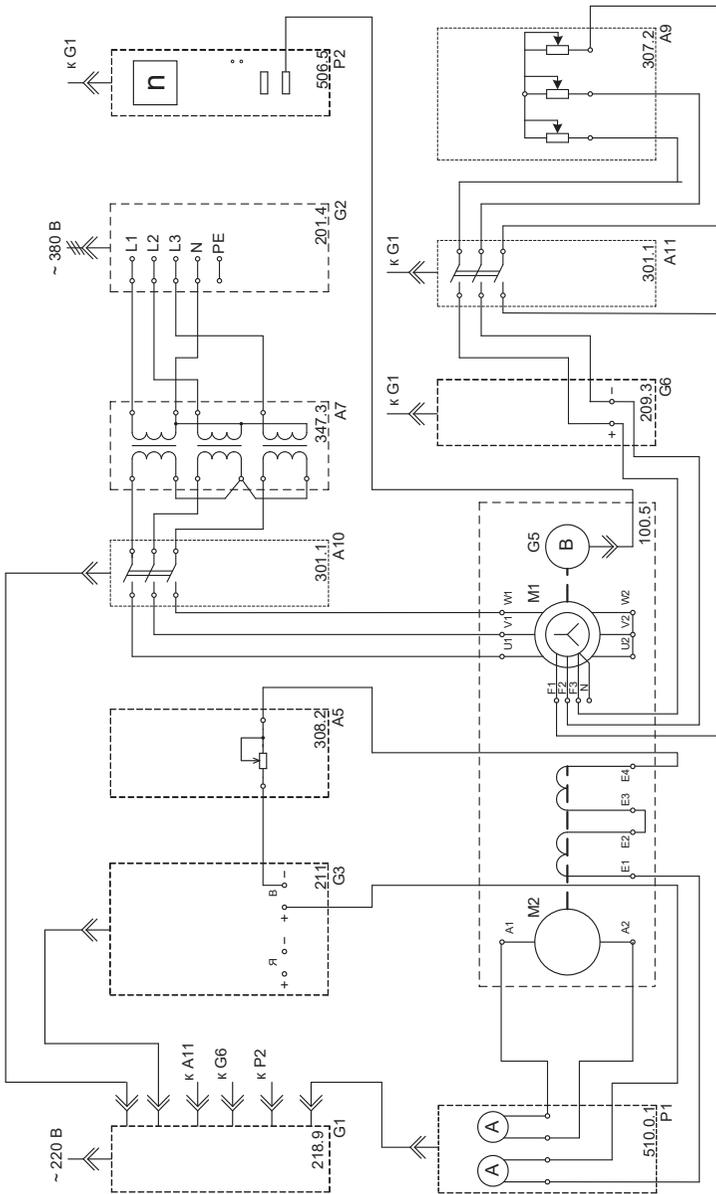


Рис. 2.2

Таблица 2.3

Обозначение	Наименование	Параметры
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	0...2000 Ом / 0,25 А
A7	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	3 × 0...40 Ом / 1 А
A10, A11	Трехполюсный выключатель	~ 400 В / 10 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~400 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	±0...240 В / 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	– 0...40 В / 3,5 А
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 2.2.

- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока А5 в положение 2000 Ом.
- Установите в каждой фазе реостата А9 суммарное сопротивление 8 Ом.
- Установите переключателями в трехфазной трансформаторной группе А7 номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов – 220 В.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее левое положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей А10 и А11
- Включите выключатели «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Нажмите кнопку «ВКЛ.» трехполюсный выключателя А10.
- После разгона двигателя М1 нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G6. Спустя, например, 5 с кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя А11. В результате должен осуществиться асинхронный пуск синхронного двигателя М1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» однофазного тиристорного преобразователя G3.
- Регулировочной рукояткой А5 уменьшайте сопротивление цепи возбуждения, тем самым изменяйте ток возбуждения I_f генератора и заносите показания амперметров блока P1 ток возбуждения I_f и ток короткого замыкания I_k (**ток не должен превышать 0,6 А**) генератора постоянного тока независимого возбуждения в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

I_f, A										
I_k, B										

- Отключите выключатель «СЕТЬ» однофазного тиристорного преобразователя G3.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.

- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 2.4, постройте искомую характеристику короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением при $n = \text{const}$.

2.3. Снятие внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f=f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Таблица 2.5

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	$\sim 220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 30 \text{ Вт}$
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	$0 \dots 2000 \text{ Ом} / 0,25 \text{ А}$
A7	Трехфазная трансформаторная группа	$3 \times 80 \text{ Вт}$
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10, A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В} / 1 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	$100 \text{ Вт}; 230 \text{ В} \sim; 1500 \text{ мин}^{-1}$
M2	Машина постоянного тока	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} / 0,56 \text{ А}$ (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра $0 \dots 1000 \text{ В} \approx;$ $0 \dots 10 \text{ А} \approx;$ $0 \dots 20 \text{ Мом}$
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 2.3.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока А5 в положение 2000 Ом.
- Установите переключателями в трехфазной трансформаторной группе А7 номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов – 220 В.
- Установите в каждой фазе реостата А9 суммарное сопротивление 8 Ом.
- Регулировочные рукоятки активной нагрузки А4 установите в положение "0".
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ установите в крайнее левое положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей А10 и А11, указателя частоты вращения P2.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Нажмите кнопку «ВКЛ.» трехполюсного выключателя А10.
- После разгона двигателя М1 нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G6. Спустя, например, 5 с кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя А11. В результате должен осуществиться асинхронный пуск синхронного двигателя М1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» однофазного тиристорного преобразователя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку А5, установите и поддерживайте неизменным в ходе эксперимента ток возбуждения I_f равным, например, 0,1 А.

Ток возбуждения измеряйте с помощью амперметра однофазного тиристорного преобразователя G3.

- Перемещая регулировочные рукоятки нагрузки A4, изменяйте ток I якорной обмотки генератора и заносите показания амперметра (ток I) и вольтметра (напряжение U якорной обмотки генератора) блока P1 в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

I, A										
U, B										

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 в положение "0".
- Установите путем регулирования тока возбуждения I_f (изменяя сопротивление возбуждения A5) напряжение U якорной обмотки генератора, равным, например, 140 В.
- Перемещая регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 по часовой стрелке и поддерживая путем регулирования тока возбуждения I_f напряжение U якорной обмотки неизменным и равным 140 В, изменяйте ток I якорной обмотки генератора и заносите показания амперметра блока P1 (ток I) и амперметра однофазного тиристорного преобразователя G3 (ток I_f) в таблицу 2.7.

Таблица 2.7

I, A										
I_f, A										

- Меняя положение регулировочных рукояток активной нагрузки A4 и поддерживая путем регулирования тока возбуждения I_f ток I якорной обмотки неизменным и равным, например, 0,15 А, изменяйте напряжение U якорной обмотки генератора и заносите показания вольтметра блока P1 (напряжение U) и амперметра однофазного тиристорного преобразователя (ток I_f) в таблицу 2.8.

Таблица 2.8

I_f, A										
U, B										

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 в положение "0".
- Отключите выключатель «СЕТЬ» однофазного тиристорного преобразователя G3.
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.

- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 2.6, постройте искомую внешнюю характеристику $U = f(I)$ при $I_r = \text{const}$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением при $n = \text{const}$.
- Используя данные таблицы 2.7, постройте искомую регулировочную характеристику $I_r = f(I)$ при $U = \text{const}$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением при $n = \text{const}$.
- Используя данные таблицы 2.8, постройте искомую нагрузочную характеристику $U = f(I_r)$ при $I = \text{const}$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением при $n = \text{const}$.

2.4. Снятие внешней $U = f(I)$ характеристики генератора постоянного тока с параллельным возбуждением

Таблица 2.9

Обозначение	Наименование	Параметры
A3	Реостат	$2 \times 0 \dots 100 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A4	Активная нагрузка	$\sim 220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 30 \text{ Вт}$
A7	Трехфазная трансформаторная группа	$3 \times 80 \text{ Вт}$
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10, A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В \approx ; 0...10 А \approx ; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$

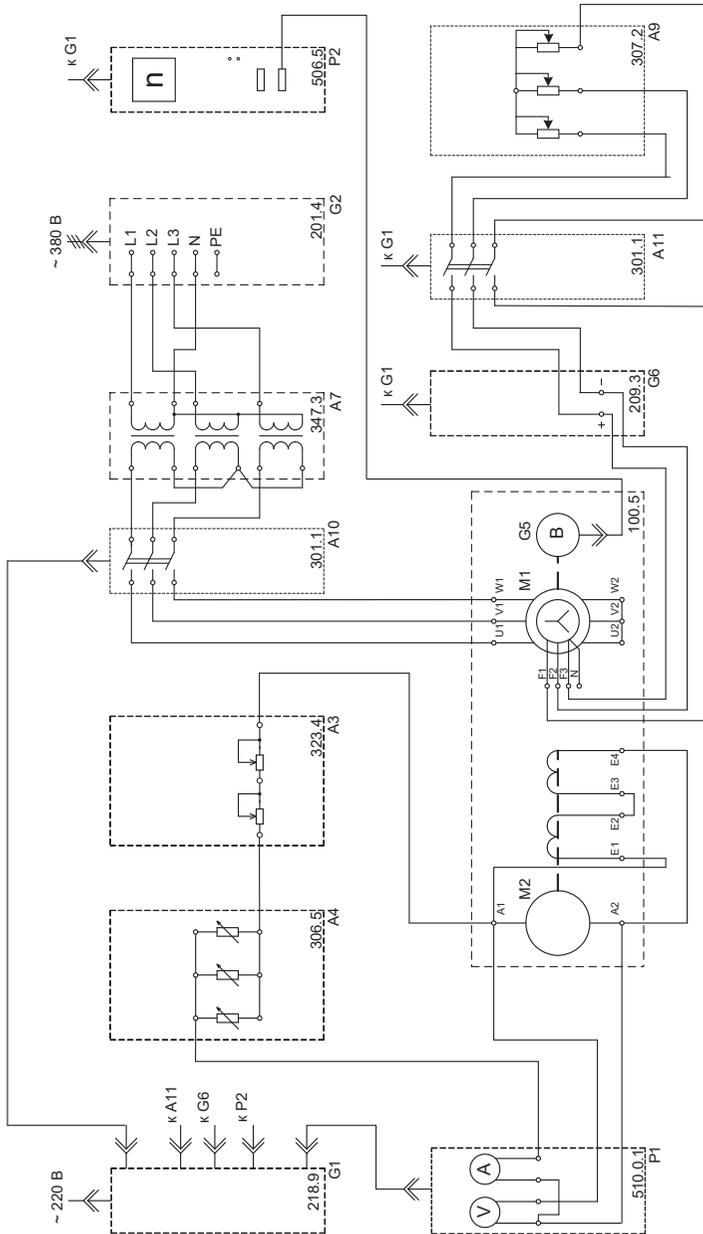


Рис. 2.4

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 2.4.
- Установите переключателями в трехфазной трансформаторной группе А7 номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов – 220 В.
- Установите в каждой фазе реостата А9 суммарное сопротивление 8 Ом.
- Регулировочные рукоятки активной нагрузки А4 установите в положение "0".
- Установите суммарное сопротивление реостата А3, равным 200 Ом и закоротите его проводником.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры блока P1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей А10 и А11, указателя частоты вращения P2.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели трехфазного источника питания G2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Нажмите кнопку «ВКЛ.» трехполюсный выключателя А10.
- После разгона двигателя М1 нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G6. Спустя, например, 5 с кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя А11. В результате должен осуществиться асинхронный пуск синхронного двигателя М1.
- Перемещая регулировочные рукоятки нагрузки А3 по часовой стрелке, изменяйте ток I якорной обмотки генератора G6 и заносите показания амперметра (ток I) и вольтметра (напряжение U якорной обмотки генератора) блока P1 в таблицу 2.10.
- Перенесите закоротку с реостата А3 на активную нагрузку А4.
- Уменьшая сопротивление реостата А3 до нуля, продолжайте заносить показания амперметра (ток I) и вольтметра (напряжение U) блока P1 в таблицу 2.10.

Таблица 2.10

I, A									
U, B									

- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A4 в положение "0".
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 2.10, постройте искомую внешнюю характеристику $U = f(I)$ при $I_f = \text{const}$ генератора постоянного тока с параллельным возбуждением при $n = \text{const}$.

Лабораторная работа № 3. Двигатели постоянного тока с параллельным возбуждением

3.1. Снятие электро-механической характеристики $n=f(I)$ двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

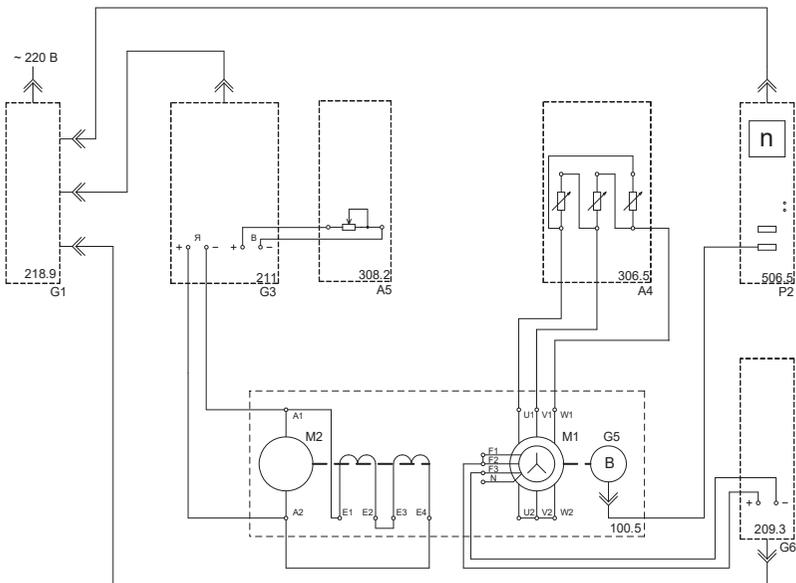


Рис. 3.1

Таблица 3.1

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	$\sim 220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 30 \text{ Вт}$
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	$0 \dots 2000 \text{ Ом} / 0,25 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$7 \sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный Преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В} / 1 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2 \times 110 В / 0,25 А (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой рис.3.1.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока A5 в положение 2000 Ом.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{упр}$ установите в крайнее левое положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Установите в каждой фазе активной нагрузки A4 величину 100 %.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.

- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{УПР}$ установите значение напряжения $U_{я}$, при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин (для двигателя с последовательным возбуждением 1000 об/мин). Измерьте значение частоты вращения n с помощью указателя P2. Измерьте значения тока якоря $I_{я}$ с помощью измерителя тиристорного преобразователя G3, где $I_{д} = I_{я}$. Данные измерений занесите в таблицу 3.2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G6.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G6, изменяйте ток якоря $I_{я}$ (ток не должен превышать значения 0,8 А) двигателя M2 и заносите значения тока $I_{я}$ и частоты вращения n в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

$I_{я}, A$										
$n,$ об/мин										

- По завершении эксперимента у возбудителя G6 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ"
- Регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 3.2, постройте искомую электромеханическую характеристику $n=f(I_{я})$ двигателя постоянного тока.

3.2. Определение механической характеристики $n=f(M)$ двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Таблица 3.3

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	$\sim 220 В / 3 \times 0 \dots 30 Вт$
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	$0 \dots 2000 Ом / 0,25 А$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 В / 6 А$
G2	Трёхфазный источник питания	$\sim 400 В / 6 А$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 В / 1 А$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов

		за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$-0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	$100 \text{ Вт}; 230 \text{ В} \sim;$ 1500 мин^{-1}
M2	Машина постоянного тока	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} /$ $0,56 \text{ А (якорь)} /$ $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А (воз-}$ буждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$

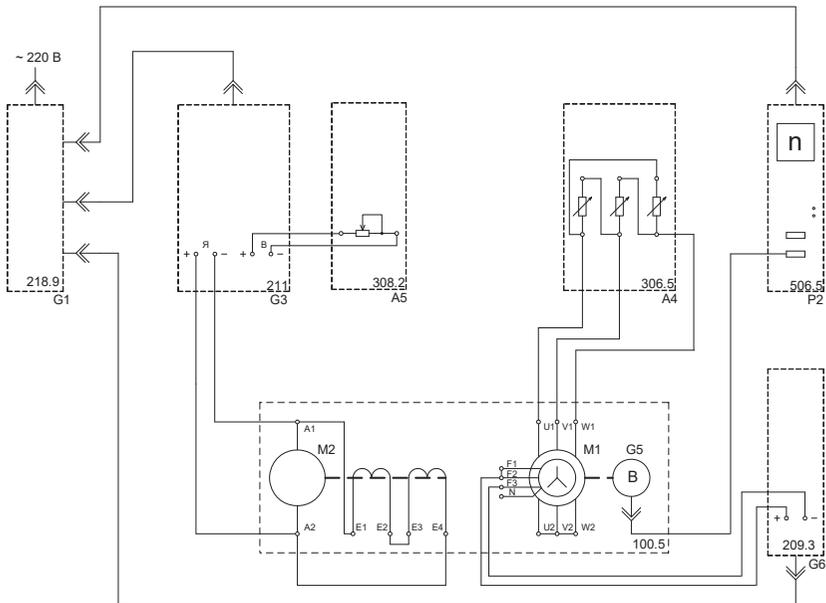


Рис. 3.2

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока A5 в положение 2000 Ом.

- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее левое положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Установите в каждой фазе активной нагрузки A4 величину 100 %.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{\text{УПР}}$ установите значение напряжения $U_{\text{я}}$, при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин (для двигателя с последовательным возбуждением 1000 об/мин). Измерьте значение частоты вращения n с помощью указателя P2. Измерьте значения тока якоря $I_{\text{я}}$ и напряжения $U_{\text{я}}$ с помощью измерителя тиристорного преобразователя G3, где $U_d = U_{\text{я}}$, $I_d = I_{\text{я}}$. Данные измерений занесите в таблицу 3.4.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G6.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G6, изменяйте ток якоря $I_{\text{я}}$ (**ток не должен превышать значения 0,8 А**) двигателя M2 и заносите значения тока $I_{\text{я}}$, напряжения $U_{\text{я}}$ и частоты вращения n в таблицу 3.4.

Таблица 3.4

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

- По завершении эксперимента у возбудителя G6 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ"
- Регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 3.4, вычислите для каждого значения частоты вращения n значение электромагнитного момента двигателя по формуле

$$M = \frac{60}{2\pi n} (U_{\text{я}} - 65 \cdot I_{\text{я}}) I_{\text{я}}$$

и занесите его в таблицу 3.5.

Таблица 3.5

n, об/мин									
M, Н·м									

- Используя данные таблицы 3.5, постройте искомую механическую характеристику $n=f(M)$ двигателя постоянного тока.

3.3. Определение рабочих характеристик $n=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $M=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$ двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

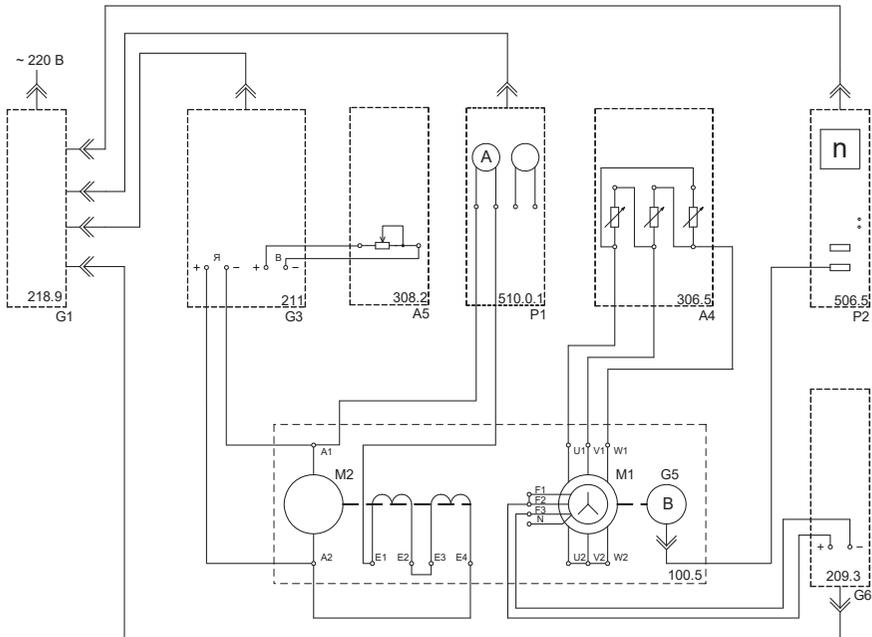


Рис. 3.3

Таблица 3.6

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	~ 220 В / $3 \times 0 \dots 30$ Вт;
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	$0 \dots 2000$ Ом / $0,25$ А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~ 400 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный	$\pm 0 \dots 240$ В

	преобразователь	1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	- 0...40 В / 3,5 А
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока А5 в положение 2000 Ом.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее левое положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение "РУЧН.". Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее левое положение.
- Установите в каждой фазе активной нагрузки А4 величину 100 %.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.

- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{УПР}$ установите значение напряжения $U_я$, при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин (для двигателя с последовательным возбуждением 1000 об/мин). Измерьте значения частоты вращения n с помощью указателя P2. Измерьте у работающего на холостом ходу двигателя M2 значения тока якоря $I_я = I_{яхх}$ и напряжения $U_я$ с помощью измерителя тиристорного преобразователя G3, где $U_d = U_я$, $I_d = I_я$. Ток возбуждения $I_{ов}$ двигателя M2 измерьте с помощью мультиметра блока P1. Данные измерений занесите в первую колонку таблицы 3.7.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G6.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G6, изменяйте ток якоря $I_я$ (ток не должен превышать значения 0,8 А) двигателя M2 и заносите значения $I_я$, $U_я$ и n в таблицу 3.8.

Таблица 3.7

$I_я, А$										
$U_я, В$										
$I_{ов}, А$										
$n,$ об/мин										

- По завершении эксперимента у возбудителя G6 регулировочную рукоятку установите в крайнее против часовой стрелки положение, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ".
- Регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 3.8, вычислите мощность, потребляемую двигателем постоянного тока, по формуле

$$P_1 = U_я \cdot I_я,$$

и занесите ее в таблицу 3.9.

- Используя данные таблицы 3.8, вычислите электрические потери в якорной цепи двигателя постоянного тока M2 по формуле

$$\Delta P_{эл} = I_я^2 \cdot r_{я75^\circ},$$

и занесите их в таблицу 3.9.

$r_{я75^\circ}$ – сопротивление якорной цепи, приведенное к рабочей температуре,

$r_{я75^\circ} = 92 \text{ Ом}$.

- Используя данные таблицы 3.8, вычислите электрические потери в обмотке возбуждения для двигателя постоянного тока М2 по формуле:

$$\Delta P_{\text{ЭЛОВ}} = I_{\text{ОВ}}^2 \cdot r_{\text{ОВ75}},$$

$r_{\text{ОВ75}}$ – сопротивление обмотки возбуждения, $r_{\text{ОВ75}} = 1380 \text{ Ом}$

и занесите их в таблицу 3.9.

- Используя данные таблицы 3.8, вычислите мощность на валу двигателя постоянного тока М2:

$$P_B = P_1 - \Delta P_{\text{ЭЛ}} - \Delta P_{\text{ЭЛОВ}},$$

и занесите их в таблицу 3.9.

- Используя данные таблицы 3.8, вычислите значение электромагнитного момента по формуле

$$M = \frac{60 \cdot P_B}{2 \cdot \pi \cdot n},$$

и занесите его в таблицу 3.9.

- Используя данные таблицы 3.8, вычислите КПД двигателя постоянного тока по формуле

$$\eta = \frac{P_B}{P_1} \cdot 100\%,$$

и занесите его в таблицу 3.9.

Таблица 3.8

P₁, Вт																				
ΔP_{ЭЛ}, Вт																				
ΔP_{ЭЛОВ}, Вт																				
P_B, Вт																				
M, Нм																				
η, %																				

- Используя данные таблиц 3.8 и 3.9, постройте искомые рабочие характеристики $n=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $M=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$ двигателя постоянного тока.

3.4. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением изменением напряжения якоря

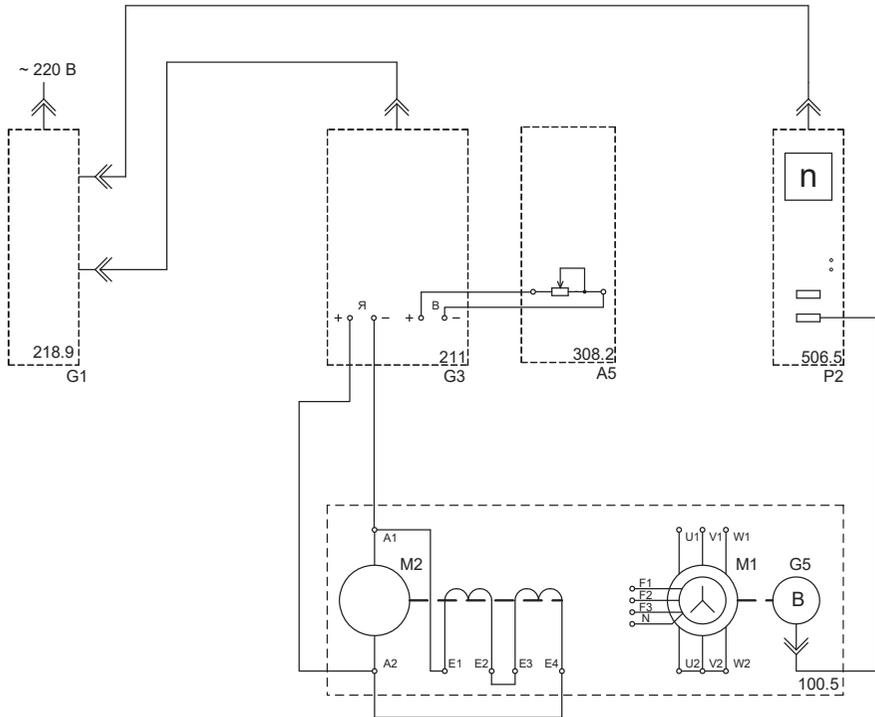


Рис. 3.4

Таблица 3.9

Обозначение	Наименование	Параметры
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	0...2000 Ом / 0,25 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	±0...240 В 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ±;

		0...10 А \approx ; 0...20 МОм
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0...2000$ об/мин

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока А5 в положение 2000 Ом.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{упр}$ установите в крайнее левое положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" блока однофазный тиристорный преобразователь G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД».
- Вращая регулировочную рукоятку $U_{упр}$ тиристорного преобразователя G3 разгоните двигатель до значение частоты вращения, например, 1500 об/мин (для двигателя с последовательным возбуждением 1000 об/мин). Измерьте значения частоты вращения n с помощью указателя P2. Измерьте значение напряжения якоря $U_{я}$ с помощью измерителя тиристорного преобразователя G3, где $U_d = U_{я}$ или с помощью мультиметра блока P1. Данные измерений занесите в таблицу 3.10.
- Вращая регулировочную рукоятку $U_{упр}$ тиристорного преобразователя G3 уменьшайте напряжение $U_{я}$ двигателя M2 и заносите показания вольтметра тиристорного преобразователя G3 или блока P1 (напряжение $U_{я}$ двигателя M2) и указателя P2 (частота вращения n) в таблицу 3.10.

Таблица 3.10

U_я, В										
n, об/мин										

- Регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя G3 $U_{упр}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его

переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".

- Отключите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1
- Отключите выключатели "СЕТЬ" указателя P2.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 3.10, постройте в виде графика регулировочную характеристику $n=f(U_{я})$ двигателя постоянного тока.

3.5. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением изменением сопротивления реостата в цепи якоря

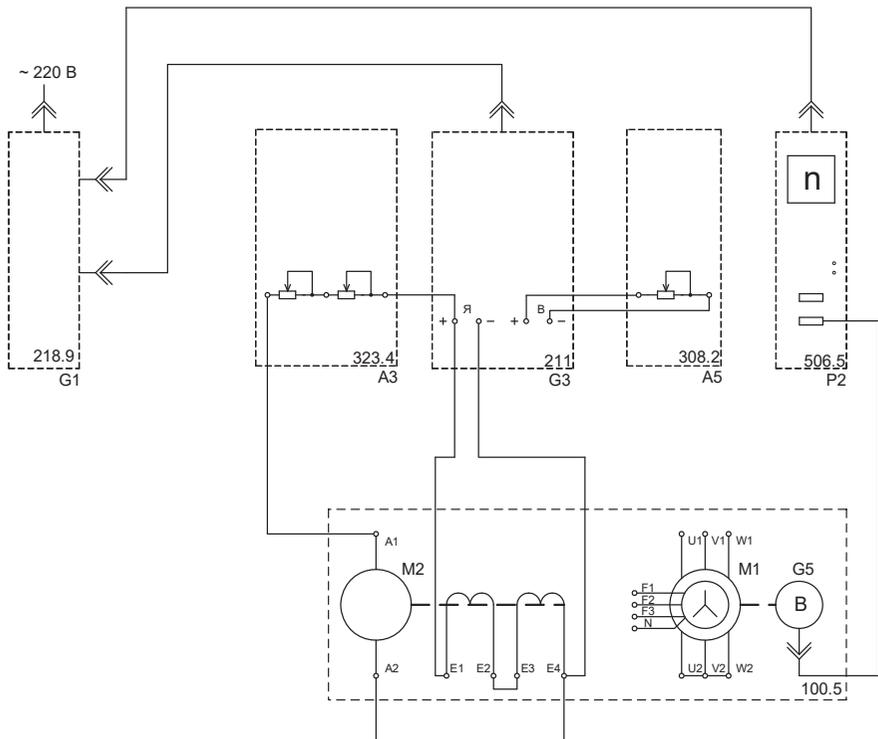


Рис. 3.5

Таблица 3.11

Обозначение	Наименование	Параметры
A3	Реостат	2x0...100 Ом 1А
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	0...2000 Ом / 0,25 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	±0...240 В 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее левое положение.
- Регулировочную рукоятку реостата A3 поверните в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите регулировочную рукоятку реостата возбуждения машины постоянного тока A5 в положение 2000 Ом.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{\text{УПР}}$ установите значение напряжения U_y , при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин (для двигателя с последовательным возбуждением 1000 об/мин). Измерьте значение частоты вращения n с помощью измерителя P2. Данные первого измерения занесите в таблицу 3.12.

- Вращая регулировочную рукоятку реостата А3, увеличивайте его сопротивление **R** и заносите его значение и показания указателя Р2 (частота вращения **n**) в таблицу 3.12.

Таблица 3.12

R, Ом										
n, об/мин										

- Регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя G3 $U_{упр}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 3.12, постройте в виде графика регулировочную характеристику $n=f(R)$ двигателя постоянного тока.

3.6. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока параллельным возбуждением изменением тока возбуждения

Таблица 3.13

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	~220 В / 3×0...30 Вт
A5	Реостат возбуждения машины постоянного тока	0...2000 Ом / 0,25 А
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	±0...240 В 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин

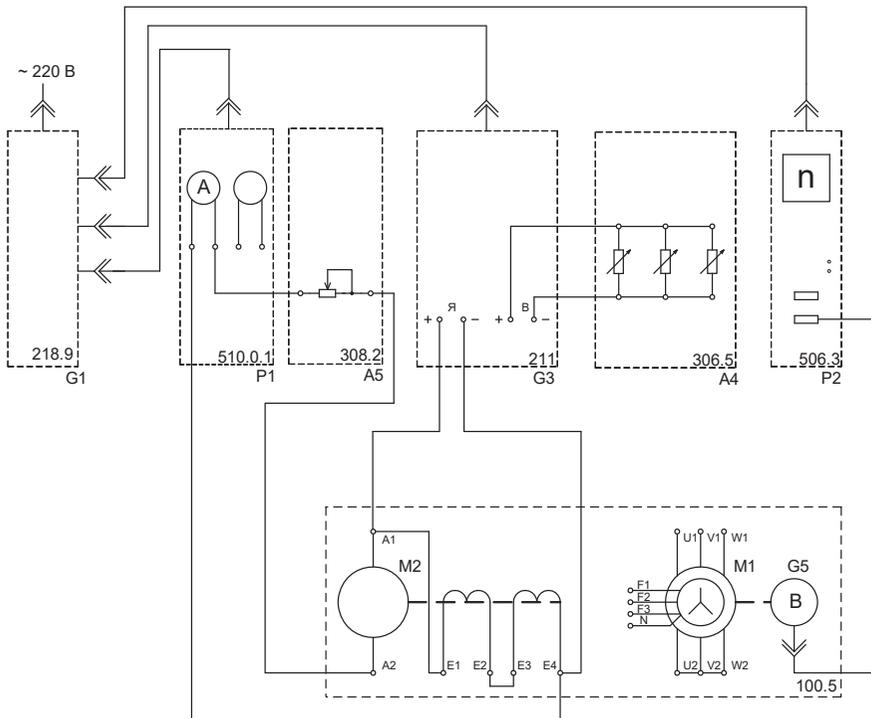


Рис. 3.6

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Установите в каждой фазе активной нагрузки A4 величину 40 %.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее левое положение.
- Регулировочную рукоятку реостата A5 установите в крайнее левое положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.

- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{УПР}$ установите значение напряжения $U_{я}$, при котором значение частоты вращения будет равно 1000 об/мин. Измерьте значение частоты вращения n с помощью указателя P2 и ток возбуждения I_f , измеренного с помощью мультиметров P1, двигателя M2 и занесите их в таблицу 3.14.
- Вращая регулировочную рукоятку реостата возбуждения A5 по часовой стрелке, уменьшайте ток возбуждения I_f двигателя M2 и заносите показания амперметра блока P1 (ток возбуждения I_f) и указателя P2 (частота вращения n) в таблицу 3.14.

Таблица 3.14

I_f, A										
$n, об/мин$										

- Регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя G3 $U_{УПР}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя P2.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 3.14, постройте в виде графика регулировочную характеристику $n=f(I_f)$ двигателя постоянного тока.

Лабораторная работа № 4. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором

4.1. Снятие характеристик холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $Q_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

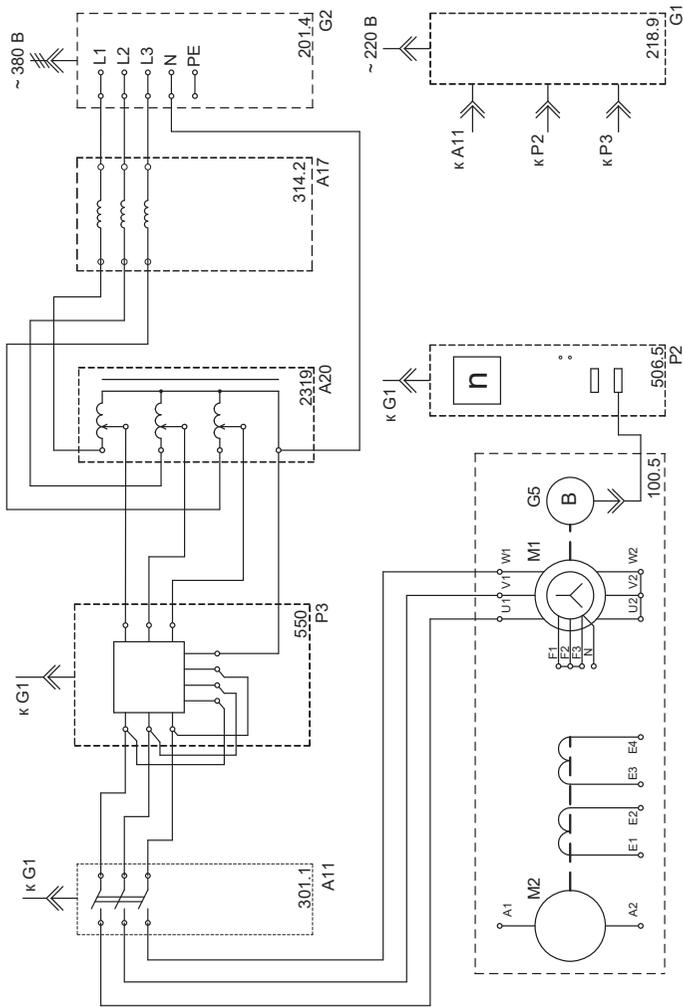


Рис. 4.1

Таблица 4.1

Обозначение	Наименование	Параметры
A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин ⁻¹
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cos ϕ ,

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" трехфазного источника G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 4.1.
- Регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 установите в положение 127 В.
- Установите переключатель трехполюсного выключателя A11 в положение «РУЧН.».
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2, многофункционального электроизмерительного прибора P3, трехполюсного выключателя A11.
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ.». Должен запуститься асинхронный двигатель M1.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора A20, изменяйте напряжение U асинхронного двигателя и, манипулируя кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » прибора P3, выберите отображаемые параметры (напряжение U, ток

I_0 , активную P_0 и реактивную Q_0 мощности и коэффициент мощности $\cos \varphi_0$ асинхронного двигателя М1). Данные заносите в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

$U, В$									
$I_0, А$									
$P_0, Вт$									
$Q_0, ВАр$									
$\cos \varphi_0$									

- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1 и G2.
- Используя данные таблицы 4.2, постройте искомые характеристики холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $Q_0=f(U)$, $\cos \varphi_0=f(U)$, трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

4.2. Снятие характеристик короткого замыкания $I_K=f(U)$, $P_K=f(U)$, $Q_K=f(U)$, $\cos \varphi_K=f(U)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Таблица 4.3

Обозначение	Наименование	Параметры
A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 В / 10 А$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 Гн / 0,5 А$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 В / 2 А$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 В / 6 А$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 В / 6 А$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин ⁻¹
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000$ об/мин
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, $\cos \varphi$,

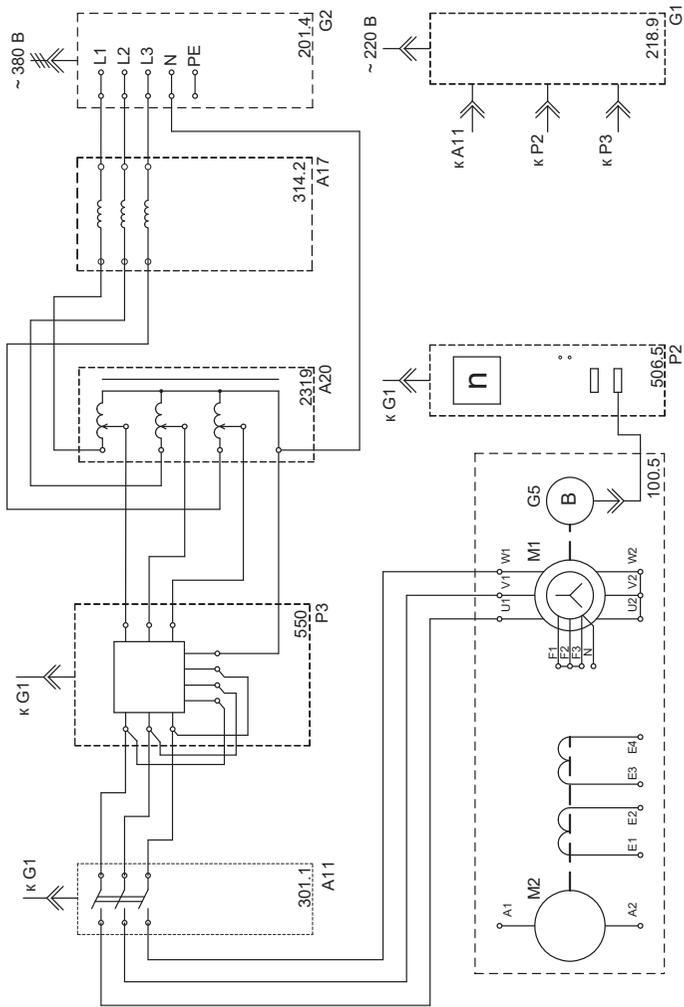


Рис. 4.2

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Снимите кожух, закрывающий муфту, соединяющую вал машины постоянного тока с валом двигателя М1, и закрепите на нем стопорное устройство.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 4.2.
- Регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите переключатель трехполюсного выключателя А11 в положение «РУЧН.».
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2, многофункционального электроизмерительного прибора P3, трехполюсного выключателя А11.
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ.».
- Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 по часовой стрелке, увеличивайте подводимое к двигателю М1 линейное напряжение U до тех пор пока показания прибора P2 (режим отображения тока) не достигнут **1,5 А (НЕ БОЛЕЕ!)** и, манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора P3, выберите отображаемые параметры (напряжение U, ток I_к, активную P_к и реактивную Q_к мощности и коэффициент мощности cos φ_к асинхронного двигателя М1). Данные заносите в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

U, В									
I _к , А									
P _к , Вт									
Q _к , ВАр									
cos φ _к									

- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя.

- Регулировочную рукоятку автотрансформатора А20 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1 и G2.
- **Удалите стопорное устройство.**
- Используя данные таблицы 4.4, постройте искомые характеристики холостого хода $I_k=f(U)$, $P_k=f(U)$, $Q_k=f(U)$, $\cos\varphi_k=f(U)$, трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

4.3. Снятие электромеханической (скоростной) характеристики $n=f(I)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Таблица 4.5

Обозначение	Наименование	Параметры
A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,

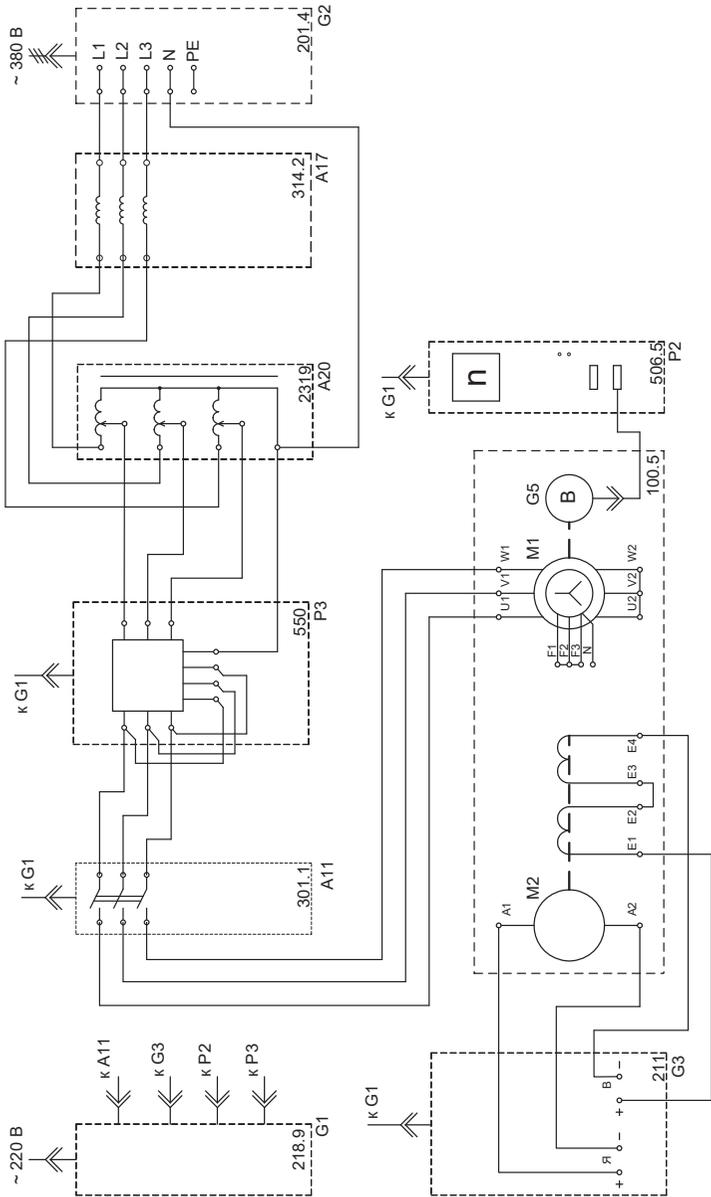


Рис. 4.3

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 4.3.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $M = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 установите в положение 127 В.
- Установите переключатель трехполюсного выключателя A11 в положение «РУЧН.».
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2, многофункционального электроизмерительного прибора P3, трехполюсного выключателя A11.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ.». Должен запуститься асинхронный двигатель M1.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Вращая его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ изменяйте нагрузочный момент на валу асинхронного двигателя M1 (если асинхронный двигатель разгоняется, то необходимо перевести переключатель в положение «НАЗАД»).
- Манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора P3 выберите отображаемый параметр (ток статора I асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором). Значение частоты вращения n измеряйте с помощью указателя P2. Данные заносите в таблицу 4.6.

Таблица 4.6

I, А										
n, об/мин										

- Регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его

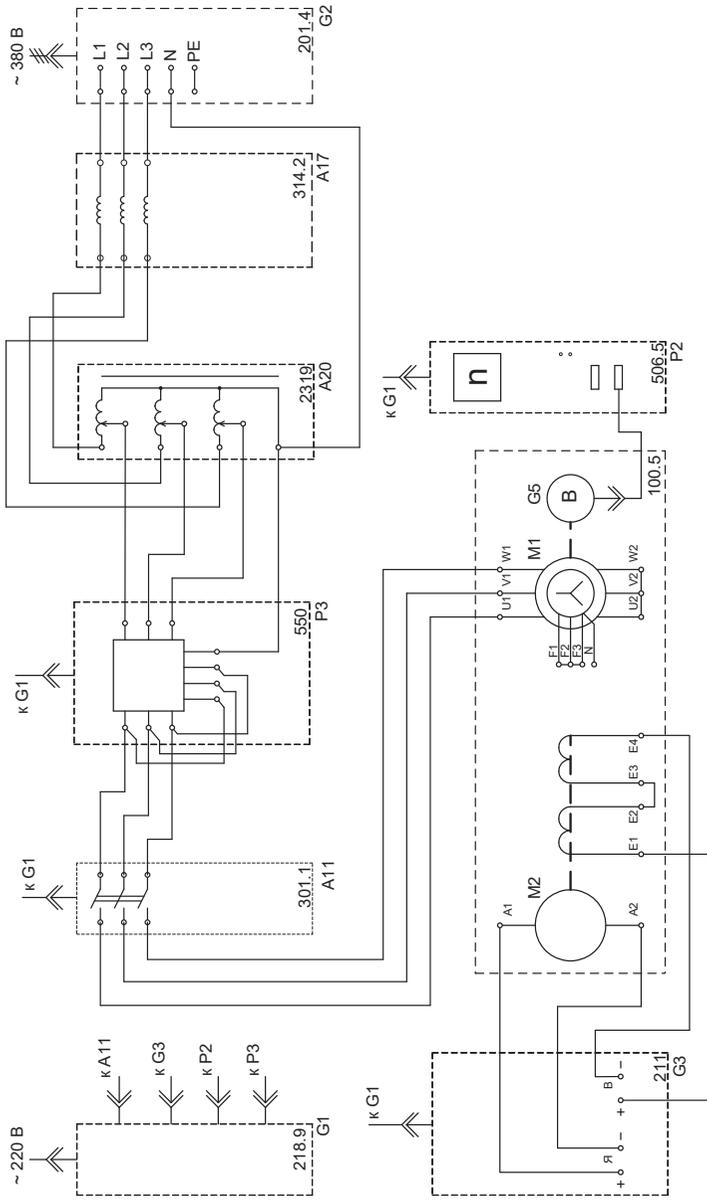
переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".

- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1 и G2.
- Используя данные таблицы 4.6, постройте искомую электромеханическую (скоростную) характеристику $n=f(I)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

4.4. Определение механической характеристики $n=f(M)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Таблица 4.7

Обозначение	Наименование	Параметры
A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин^{-1}
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000$ об/мин
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, $\cos \varphi$,



п, об/мин										
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1 и G2.
- Используя данные таблицы 4.8, вычислите электромагнитный момент двигателя M1 для каждого значения тока статора и частоты вращения по формуле

$$M = \frac{P_B}{\omega} = \frac{(P - 80 \cdot I_C^2) \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

и занесите его в таблицу 4.9.

Таблица 4.9

M, Н·м										
п, об/мин										

- Используя данные таблицы 4.9, постройте искомую статическую механическую характеристику $n=f(M)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

4.5. Определение рабочих характеристик $I=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $s=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\phi=f(P_2)$, $M=f(P_2)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

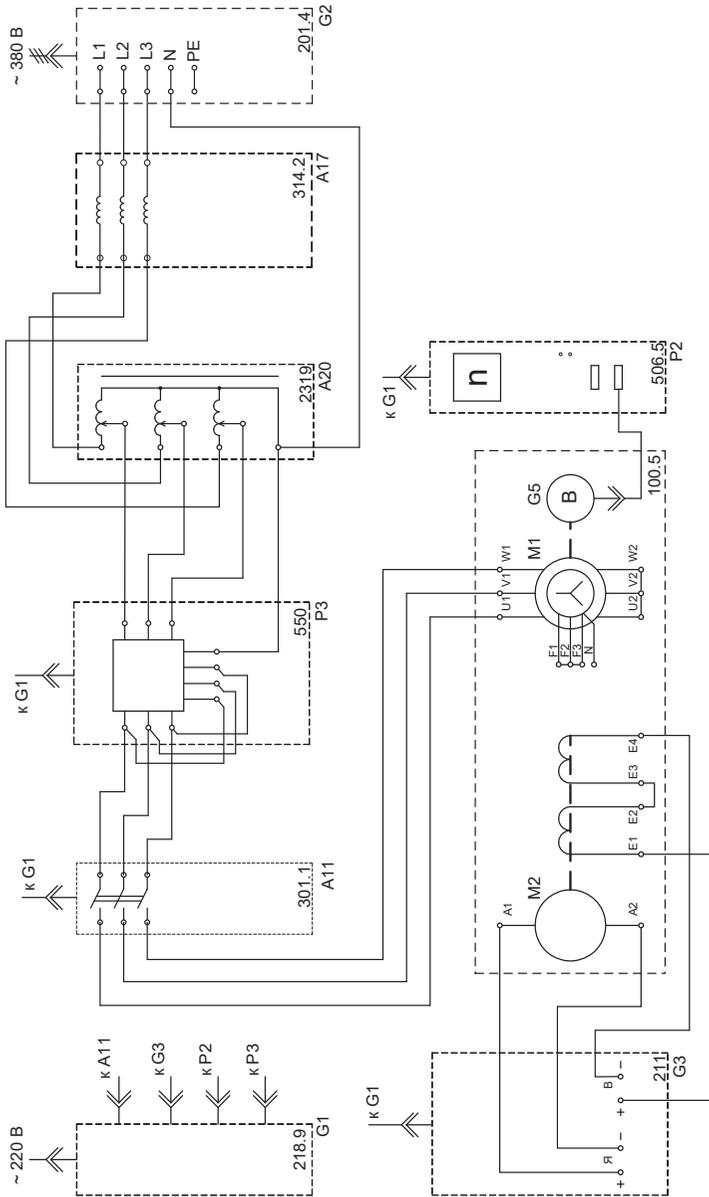


Рис. 4.5

Таблица 4.10

Обозначение	Наименование	Параметры
A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 4.5.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», «M = const», «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 установите в положение 127 В.
- Установите переключатель трехполюсного выключателя A11 в положение «РУЧН.».
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.

- Включите выключатели «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2, многофункционального электроизмерительного прибора P3, трехполосного выключателя A11.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите трехполосный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ.». Должен запуститься асинхронный двигатель M1.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Вращая его регулировочную рукоятку $U_{упр}$ изменяйте нагрузочный момент на валу двигателя M1 (если асинхронный двигатель разгоняется, то необходимо перевести переключатель в положение «НАЗАД»).
- Манипулируя кнопками «◀», «▶» прибора P3 выберите отображаемый параметр (ток статора I , потребляемая мощность P_1 , коэффициент мощности $\cos \varphi$ асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором). Значение частоты вращения n измеряйте с помощью указателя P2. Данные заносите в таблицу 4.11.

Таблица 4.11

I, A										
$P_1, Вт$										
$\cos \varphi$										
$n,$ об/мин n										

- Регулировочную рукоятку $U_{упр}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполосного выключателя.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1 и G2.
- Используя данные таблицы 4.11, вычислите электрические потери в статорной обмотке асинхронного двигателя M1 по формуле

$$\Delta P_{элс} = 3 \cdot I^2 \cdot r_{C20^\circ},$$

и занесите их в таблицу 4.12.

r_{C20° – сопротивление статорной обмотки. $r_{C20^\circ} = 80 \text{ Ом}$

- Используя данные таблиц 4.11 и 4.12, вычислите мощность на валу асинхронного двигателя M1 по формуле

$$P_2 = P_1 - \Delta P_{\text{элс}},$$

и занесите ее в таблицу 4.12.

- Используя данные таблицы 4.11, вычислите электромагнитный момент двигателя М1 для каждого значения тока статора и частоты вращения по формуле

$$M = \frac{P_2}{\omega} = \frac{P_2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

и занесите его в таблицу 4.12.

- Используя данные таблицы 4.11, вычислите скольжение асинхронного двигателя М1 по формуле

$$s = \left(1 - \frac{n}{1500}\right) \cdot 100\%,$$

и занесите его в таблицу 4.12.

- Используя данные таблиц 4.11 и 4.12, вычислите КПД асинхронного двигателя М1 по формуле

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

и занесите его в таблицу 4.12.

Таблица 4.12

I, А										
$\Delta P_{\text{элс}},$ Вт										
$P_2, \text{Вт}$										
M, Н·м										
s, %										
$\eta, \%$										

- Используя данные таблиц 4.11 и 4.12, постройте искомые рабочие характеристики **$I=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $s=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$, $M=f(P_2)$** трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Лабораторная работа № 5. Трехфазный синхронный генератор

5.1 Снятие характеристики холостого хода $E_0=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

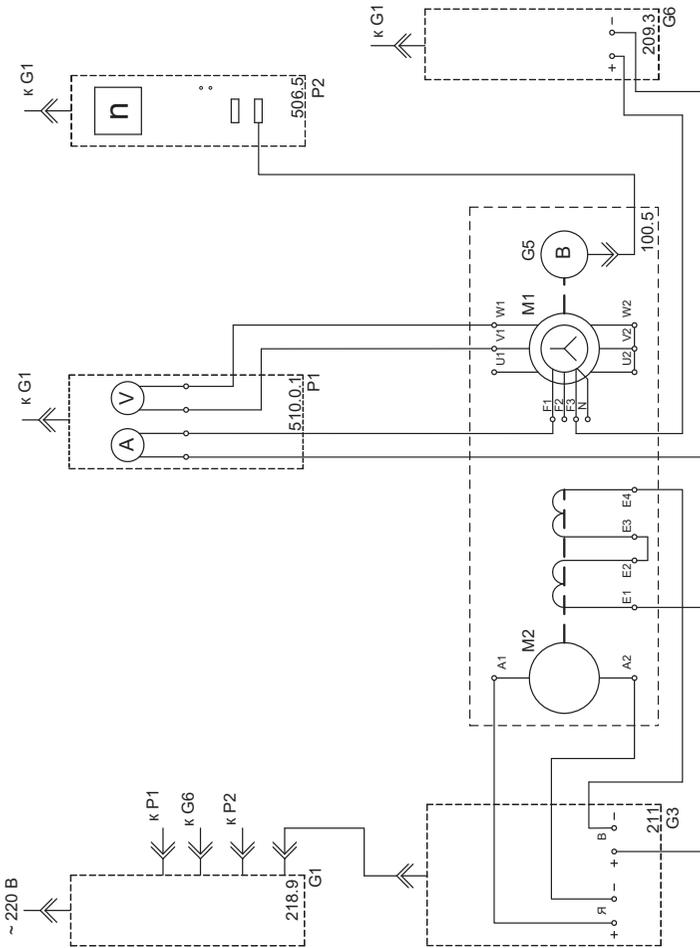


Рис. 5.1

Таблица 5.1

Обозначение	Наименование	Параметры
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот

G6	Возбудитель синхронной машины	$-0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	$100 \text{ Вт}; 230 \text{ В} \sim;$ 1500 мин^{-1}
M2	Машина постоянного тока	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} /$ $0,56 \text{ А (якорь)} /$ $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А (воз-}$ буждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра $0 \dots 1000 \text{ В} \approx;$ $0 \dots 10 \text{ А} \approx;$ $0 \dots 20 \text{ Мом}$
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 5.1.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение «РУЧН.».
- Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{\text{УПР}}$ установите значение напряжения U_y , при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин и частоту вращения поддерживайте неизменным. Значение частоты вращения n измерьте с помощью указателя P2.

- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку регулируйте ток возбуждения синхронного генератора, при этом должно изменяться напряжение статора. Измеряйте ток возбуждения I_f (амперметр блока P1) и ЭДС E_0 (вольтметр блока P1) трехфазного синхронного генератора. Данные заносите в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

I_f, A										
E_0, B										

- После завершения эксперимента регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение, нажмите кнопку «ОТКЛ.».
- Рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 5.2, постройте искомую характеристику холостого хода $E_0 = f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

5.2. Снятие характеристики короткого замыкания $I_k=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

Таблица 5.3

Обозначение	Наименование	Параметры
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 B / 6 A$
G3	Однофазный тиристорный Преобразователь	$\pm 0 \dots 240 B$ 1 A
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 B / 3,5 A$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)

P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В \varnothing ; 0...10 А \varnothing ; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0...2000$ об/мин

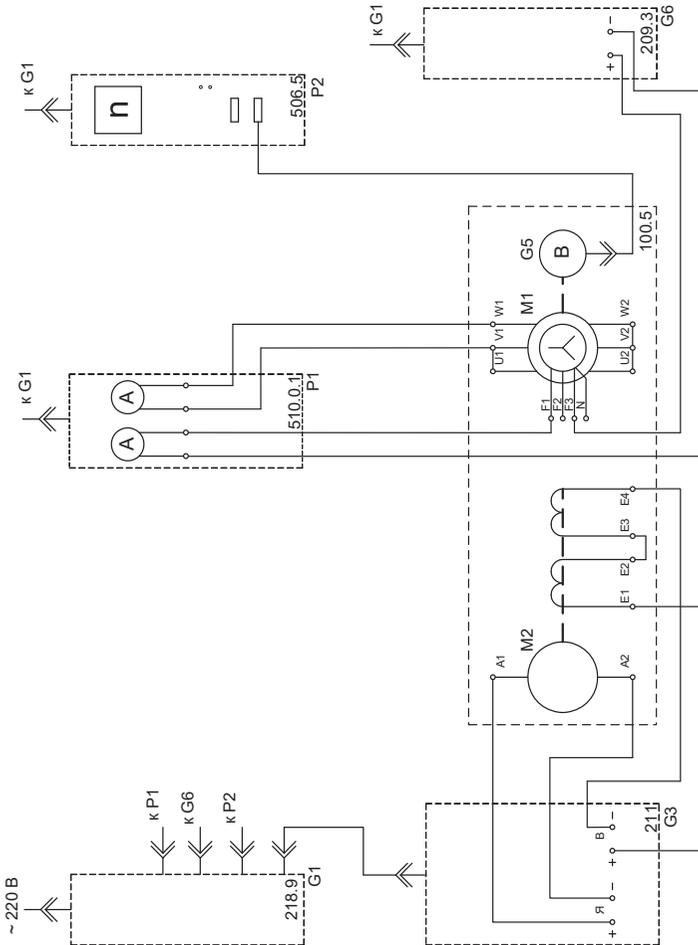


Рис. 5.2

- После завершения эксперимента регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение, нажмите кнопку «ОТКЛ.».
- Рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 5.4, постройте искомую характеристику короткого замыкания $I_K = f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

5.3. Снятие внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f = f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик трехфазного синхронного генератора

Таблица 5.5

Обозначение	Наименование	Параметры
A4	Активная нагрузка	220 В / 3×0...50 Вт;
A18	Емкостная нагрузка	220 В / 3×0...40 ВАР;
A19	Индуктивная нагрузка	220 В / 3×0...40 ВАР;
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный Преобразователь	±0...240 В 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	– 0...40 В / 3,5 А
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (воз- буждение)
P1	Блок мультиметров	2 мультиметра 0...1000 В ≈; 0...10 А ≈; 0...20 Мом
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин

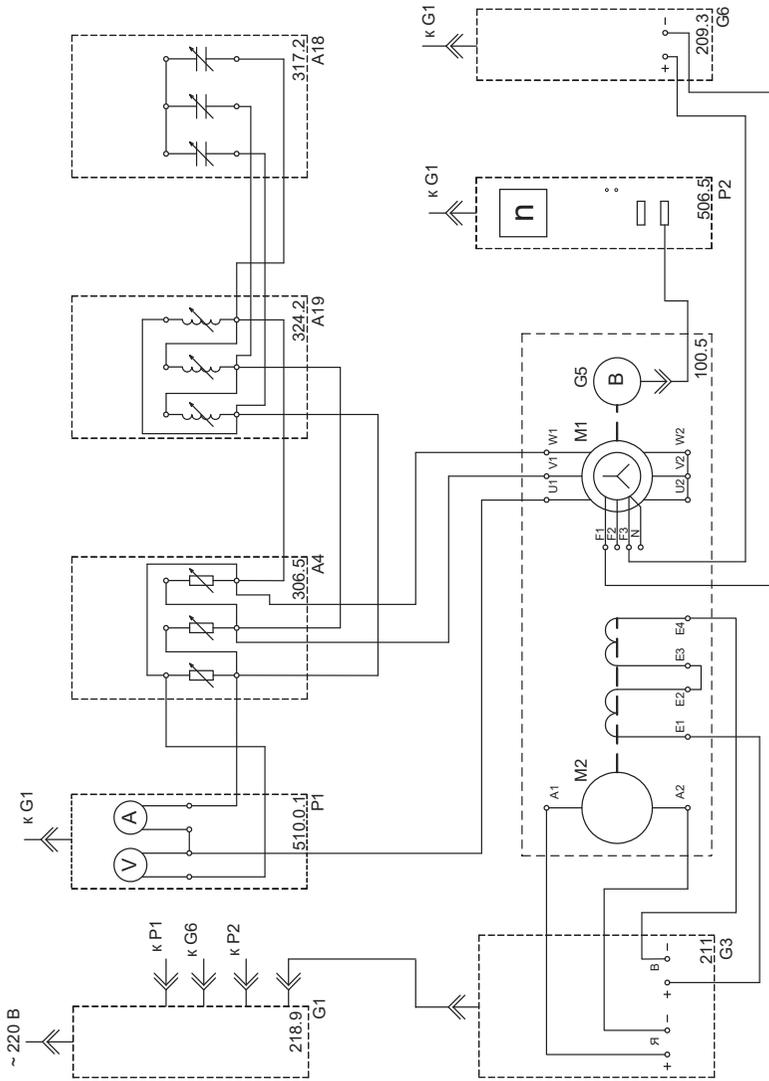


Рис. 5.3

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 5.3.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», « $U_d = \text{const}$ », «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{упр}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите переключатель режима работы возбудителя G6 в положение «РУЧН.».
- Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A3, индуктивной нагрузки A19 и емкостной нагрузки A18 в положение "0%".
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите выключатель «СЕТЬ» указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{упр}$ установите значение напряжения U_y , при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин и частоту вращения поддерживайте неизменным. Значение частоты вращения n измерьте с помощью указателя P2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя, установите такой ток возбуждения I_f синхронного генератора, при котором междуфазное напряжение U синхронного генератора будет равно 220 В
- Изменяя синфазно регулировочные рукоятки активной нагрузки A3, индуктивной нагрузки A19 и емкостной нагрузки A18, изменяйте ток I статорной обмотки генератора диапазоне 0...0,25 А и заносите показания амперметра (ток I) и вольтметра (напряжение U) блока P1 в таблицу 5.6.

Таблица 5.6

I, A										
U, B										

- Верните регулировочные рукоятки активной нагрузки А3, индуктивной нагрузки А19 и емкостной нагрузки 18 в положение "0%".
- Изменяя синфазно регулировочные рукоятки активной нагрузки А3, индуктивной нагрузки А19 и емкостной нагрузки А18 и поддерживайте напряжение U генератора равным 220 В, путем регулирования его тока возбуждения I_f , изменяйте ток I статорной обмотки генератора в диапазоне 0...0,25 А и заносите показания тока возбуждения I_f , измеренного с помощью амперметра возбудителя G6 и тока статора I, измеренного с помощью амперметра блока P1, в таблицу 5.7.

Таблица 5.7

I, A										
I_f, A										

- Верните регулировочные рукоятки активной нагрузки А3, индуктивной нагрузки А19 и емкостной нагрузки 18 в положение "0%".
- Соедините фазы емкостной нагрузки А18 по схеме «треугольник».
- Поверните регулировочную рукоятку возбудителя G6 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Закоротите активную нагрузку А3 (индуктивную нагрузку А19 / емкостную нагрузку А18).
- Увеличивая ток возбуждения I_f генератора, установите ток I статорной обмотки генератора G7 равным, например, 0,1 А и занесите показания амперметра (ток возбуждения I_f) возбудителя G6 и вольтметра (напряжение статора U) блока P1 в таблицу 9.3.3.
- Поверните регулировочную рукоятку возбудителя в крайнее против часовой стрелки положение.
- Раскоротите активную нагрузку А3 (индуктивную нагрузку А18 / емкостную нагрузку А18).
- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки А3 (индуктивной нагрузки А19 / емкостной нагрузки А11) в положение "100%".
- Поворачивайте синфазно против часовой стрелки регулировочные рукоятки активной нагрузки А3 и поддерживая неизменным, например, равным 0,1 А ток I статорной обмотки генератора путем регулирования его тока возбуждения I_f , изменяйте напряжение U статорной обмотки генератора

(не превышая значения 250 В) и заносите показания амперметра (ток I_f) возбuditеля G6 и вольтметра (напряжение U) блока P1 в таблицу 5.8.

Таблица 5.8

I_f, A										
U, B										

- После завершения эксперимента регулировочную рукоятку возбuditеля G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение, нажмите кнопку «ОТКЛ.».
- Рукоятку $U_{упр}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 5.6, постройте искомую внешнюю характеристику $U = f(I)$ при $n = \text{const}$, $I_f = \text{const}$ трехфазного синхронного генератора.
- Используя данные таблицы 5.7, постройте искомую регулировочную характеристику $I_f = f(U)$ при $n = \text{const}$, $U = \text{const}$ трехфазного синхронного генератора.
- Используя данные таблицы 5.8, постройте искомую нагрузочную характеристику $U = f(I_f)$ при $n = \text{const}$, $I = \text{const}$ трехфазного синхронного генератора

5.4. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом точной синхронизации

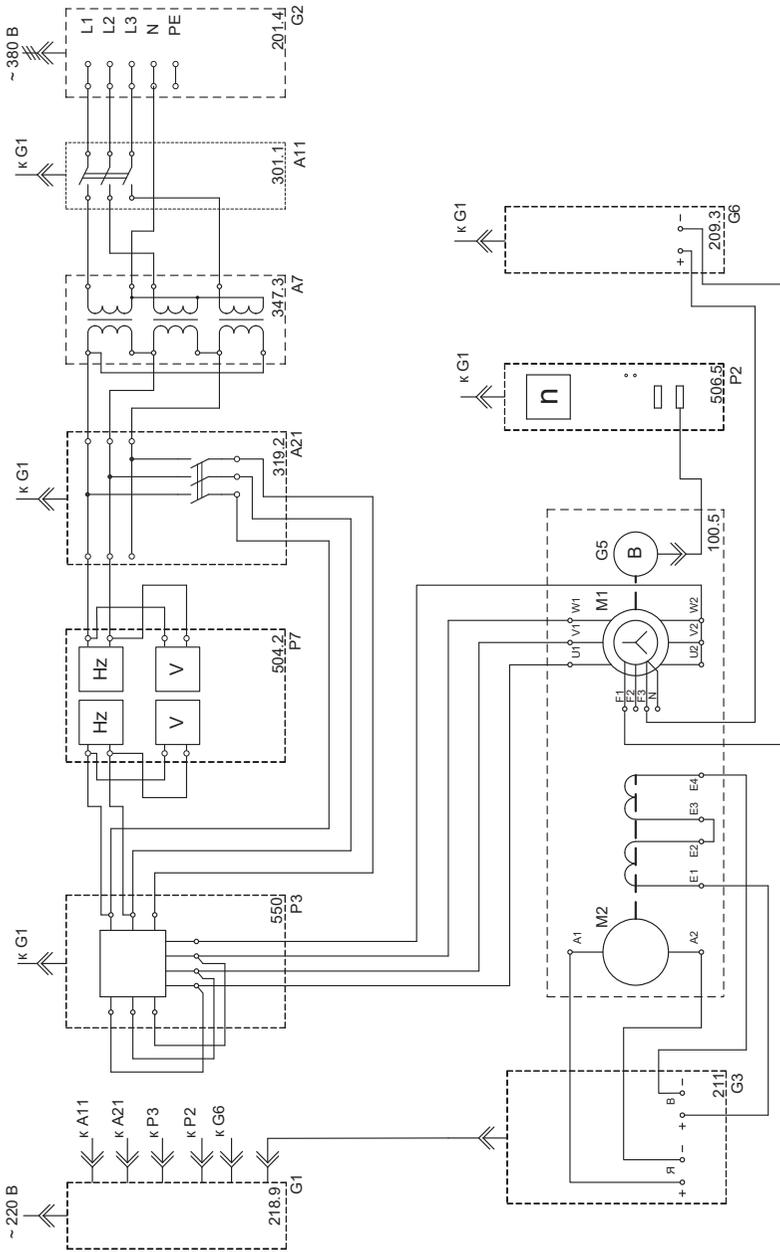


Рис. 5.4

Таблица 5.9

Обозначение	Наименование	Параметры
A7	Трехфазная трансформаторная группа	3×80 Вт
A11	Трехполюсный выключатель	~ 400 В / 10 А
A21	Блок синхронизации	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроноскоп
G1	Однофазный источник питания	~ 220 В / 6 А
G2	Трехфазный источник питания	~400 В / 6 А
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	±0...240 В 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	- 0...40 В / 3,5 А
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	±0...2000 об/мин
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,
P7	Измеритель напряжений и частот	~ 0...500 В; 45...55 Гц, ~ 220 В

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" трехфазного источника питания G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 5.4.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», «U_d = const», «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку U_{УПР} установите в крайнее против часовой стрелки положение.

- Установите переключатели режима работы возбудителя G6, трехполюсного выключателя A11 и блока синхронизации A21 в положение «РУЧН.».
- Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите переключателем в трехфазной трансформаторной группе A7 номинальные напряжения: вторичных обмоток трансформаторов – 220 В.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» Включите выключатели «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3, синхронизации A21 и трехполюсного выключателя A11, указателя частоты вращения P2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" тиристорного преобразователя G3.
- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Его регулировочной рукояткой $U_{упр}$ установите значение напряжения $U_{я}$, при котором значение частоты вращения будет равно 1500 об/мин и частоту вращения поддерживайте неизменным. Значение частоты вращения n измерьте с помощью указателя P2.
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите выключатель A11 нажатием на кнопку "ВКЛ" на его передней панели. На вольтметре и частотомере P7 должно появиться значение напряжения и частоты питания сети.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G6, установите напряжение между фазами (линейное) генератора равным напряжению между одноименными фазами сети (измерение осуществляйте с помощью измерителя напряжения и частоты P7).
- Обеспечьте условия синхронизации согласно табл. 9.4, после чего, нажатием на кнопку "ВКЛ." блока синхронизации A21, подключите генератор к сети.
- Убедитесь, что генератор вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать отсутствие колебаний значений его режимных параметров.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G3, нагрузите генератор активной мощностью, например, до 30 Вт, которую измеряйте прибором P3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G6, нагрузите генератор реактивной мощностью с отстающим (опережающим) коэффициентом мощности, например, до 30 ВАр, которую измеряйте прибором P3.
- Для отключения генератора от сети: разгрузите его по активной и реактивной мощностям, нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации A21, поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G6, а затем у источника G3 в крайнее против часовой стрелки положение.

- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Отключите источник G2 нажатием на кнопку – гриб.

Таблица 5.10

Условие	Средство контроля	Критерий выполнения условия	Критерий невыполнения условия	Рекомендации по выполнению условия
Равенство напряжений синхронного генератора и сети	Вольтметры со стороны синхронного генератора и сети	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети равны	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети не равны	Регулировать напряжения возбуждения синхронного генератора до момента выравнивания напряжений со стороны синхронного генератора и сети
Одинаковое чередование фаз напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз	Лампы в фазах: периодически одно временно загораются и гаснут (частоты напряжений не равны); горят (напряжения в противофазе); не горят (напряжения синфазные)	Лампы в фазах периодически не одновременно загораются и гаснут, создавая эффект “кругового огня”	Переключить любые две фазы синхронного генератора
Равенство частот синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах синхроскоп	Лампы в фазах горят постоянно без мерцания (напряжения в противофазе) или не горят (напряжения синфазные); стрелка синхроскопа неподвижна	Лампы в фазах загораются с частотой скольжения; стрелка синхроскопа вращается	Регулировать частоту вращения синхронного генератора

Синфазность напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз или синхроскоп	Лампы в фазах не горят; стрелка синхроскопа смотрит вверх	Лампы в фазах горят; стрелка синхроскопа не смотрит вверх	Регулировать частоту вращения синхронного генератора до погасания ламп
--	-------------------------------------	---	---	--

Лабораторная работа № 6. Трехфазный синхронный двигатель

6.1. Асинхронный пуск трехфазного синхронного двигателя

Таблица 6.1

Обозначение	Наименование	Параметры
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10, A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин ⁻¹
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$

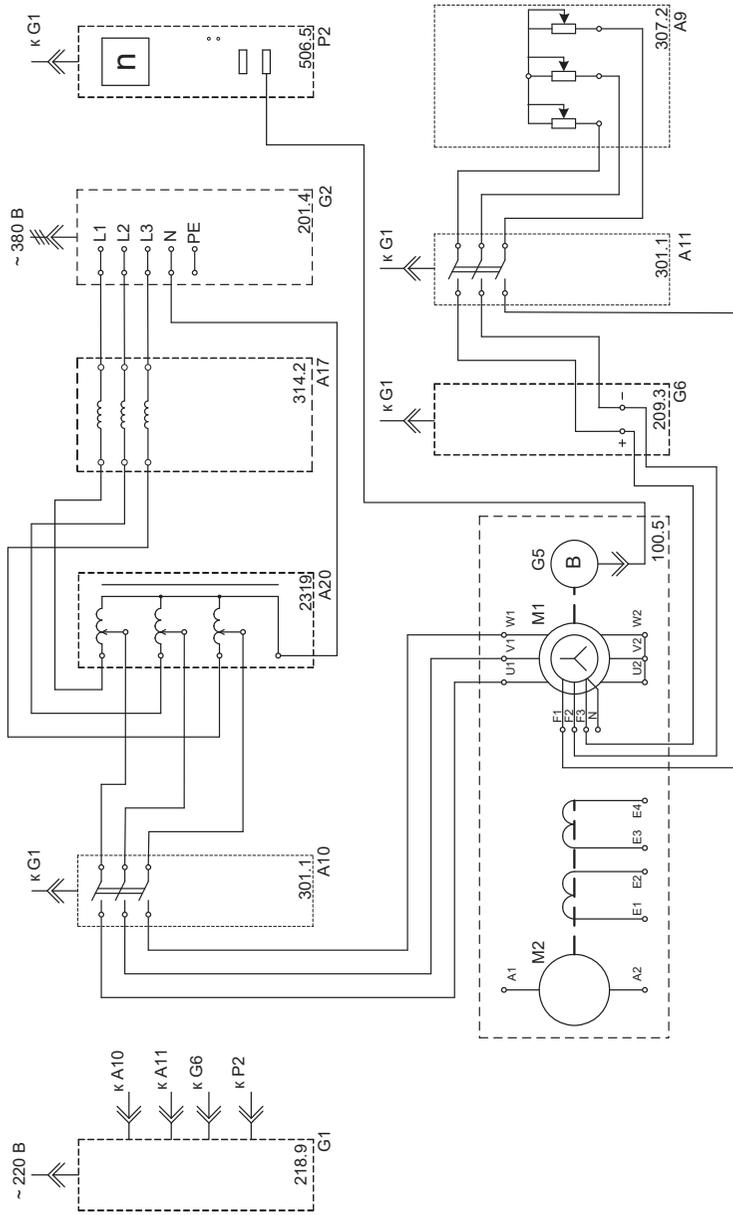


Рис. 6.1

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 6.1.
- Переключатели режима работы возбудителя G6 и трехфазных выключателей A10 и A11 установите в положение «РУЧН.».
- Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 в положение 220 В.
- Установите в каждой фазе реостата A9 сопротивление 8 Ом.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей A10 и A11, указателя частоты вращения P2.
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ.».
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Нажмите кнопку «ВКЛ.» трехполюсный выключателя A10.
- После разгона двигателя M1 нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G6. Спустя, например, 5 с нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя A11. В результате должен осуществиться асинхронный пуск синхронного двигателя M1.
- После завершения нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и возбудителя G6. Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте
- Отключите источник G1.

6.2. Снятие U-образной характеристики $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного двигателя

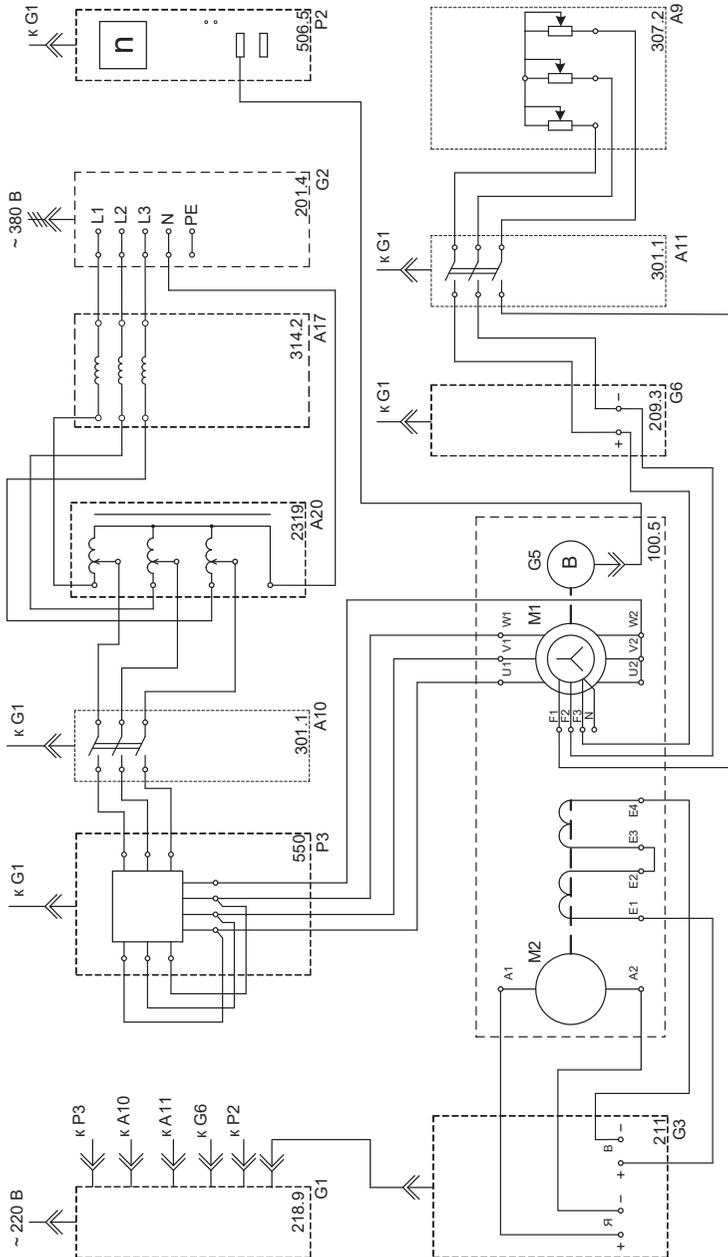


Рис. 6.2

Таблица 6.2

Обозначение	Наименование	Параметры
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10, A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 6.2.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», «M = const», «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{упр}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Переключатели режима работы возбудителя G6 и трехполюсных выключателей A10 и A11 установите в положение «РУЧН.».
- Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против

I_c, A									
$\cos\varphi$									

- По завершении эксперимента регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Включите трехполосный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 6.3, постройте искомые U-образные характеристики $I_c=f(I_f)$, $\cos\varphi=f(I_f)$ трехфазного синхронного двигателя M1.

6.3. Определение рабочих характеристик $I=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$, $M=f(P_2)$ трехфазного синхронного двигателя

Таблица 6.4

Обозначение	Наименование	Параметры
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10, A11	Трехполосный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В ~; 1500 мин^{-1}
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (воз- буждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, $\cos\varphi$,

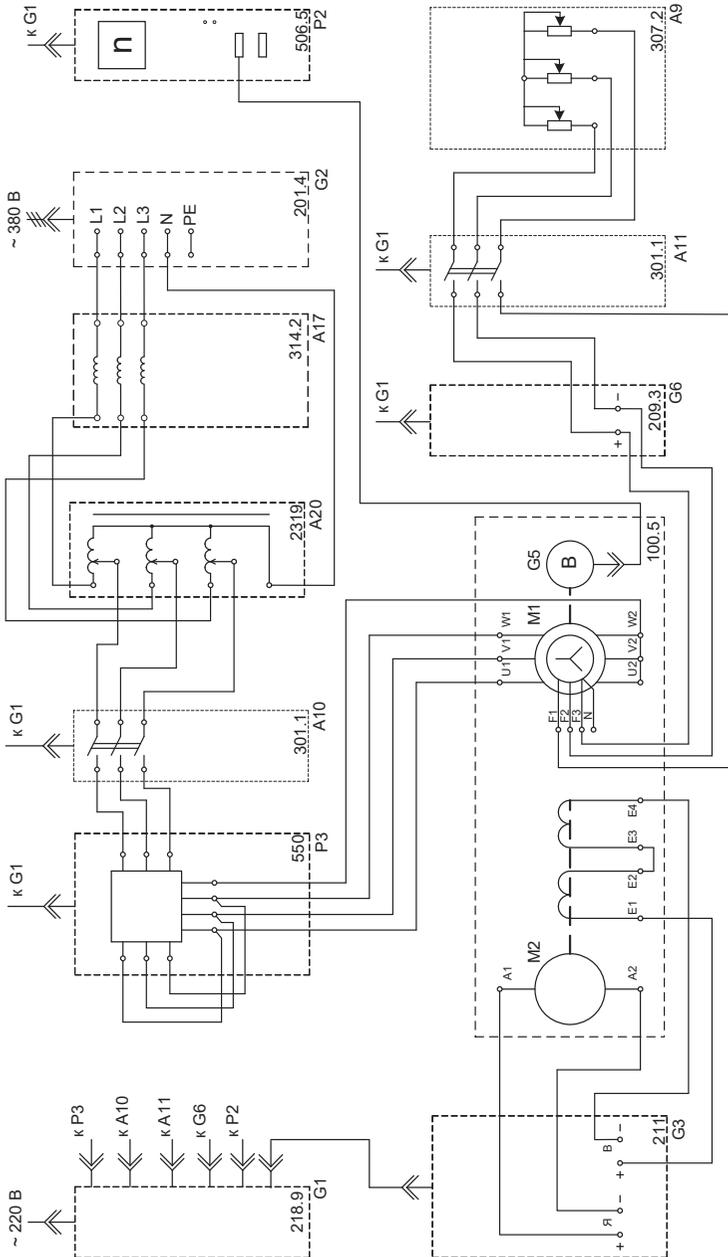


Рис. 6.3

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 6.3.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», «M = const», «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Переключатели режима работы возбудителя G6 и трехполюсных выключателей A10 и A11 установите в положение «РУЧН.».
- Регулировочную рукоятку возбудителя G6 установите в крайнее против часовой стрелки положение.
- Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора A20 в положение 220 В.
- Установите в каждой фазе реостата A9 сопротивление 8 Ом.
- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» многофункционального электроизмерительного прибора P3.
- Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей A10 и A11, указателя частоты вращения P2.
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Включите трехфазный источник питания G2.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G6 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Включите трехполюсный выключатель A10, нажав кнопку «ВКЛ»
- После разгона двигателя M1 нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G6. Спустя, например, 5 с нажмите кнопку «ОТКЛ.» трехполюсного выключателя A11. В результате должен осуществиться асинхронный пуск синхронного двигателя M1.
- Регулировочной рукояткой блока возбудитель G6 установите ток возбуждения I_f , например, равный 1,8 А. Ток возбуждения измеряйте с помощью амперметра возбудителя G6. Значение тока возбуждения занесите в таблицу 6.5.
- Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя G3.

- Переведите переключатели тиристорного преобразователя G3 в положения: «ВКЛ.» и «ВПЕРЕД». Вращая его регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ изменяйте момент нагрузки на валу синхронного двигателя M1. Показания амперметра (ток статора I_C), ваттметра (потребляемая мощность P_1) и коэффициент мощности $\cos\varphi$, измеренных с помощью многофункционального электроизмерительного прибора P3, и значение частоты вращения n , измеренного с помощью указателя P2, заносите в таблицу 6.5.

Таблица 6.5

$I_f =$										
I_C, A										
$P_1, Вт$										
$\cos\varphi$										
$n, об/мин$										

- В случае перехода двигателя M1 в асинхронный режим работы разгрузите его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя G3 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа двигателя M1 с сетью.
- По окончании эксперимента регулировочную рукоятку $U_{УПР}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Включите трехполюсный выключатель A11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 6.5, вычислите электрические потери в статорной обмотке по формуле

$$\Delta P_{элс} = 3 \cdot I_C^2 \cdot r_{C20^\circ},$$

и занесите их в таблицу 6.6.

r_{C20° – сопротивление статорной обмотки. $r_{C20^\circ} = 80 \text{ Ом}$.

- Используя данные таблицы 6.5, вычислите электрические потери в обмотке возбуждения по формуле

$$\Delta P_{элр} = I_f^2 \cdot r_{P20^\circ},$$

и занесите их в таблицу 6.6.

r_{P20° – сопротивление обмотки возбуждения. $r_{P20^\circ} = 10 \text{ Ом}$

- Используя данные таблицы 6.5, вычислите потери в щеточном узле по формуле

$$\Delta P_{щ} = I_f \cdot \Delta U_{щ},$$

и занесите их в таблицу 6.6.

$\Delta U_{щ}$ – падение напряжения на щетках. $\Delta U_{щ} = 2 \text{ В}$.

- Используя данные таблицы 6.5, вычислите полезную мощность на валу синхронного двигателя по формуле

$$P_2 = P_1 - \Delta P_{элс} - \Delta P_{элр} - \Delta P_{щ},$$

и занесите ее в таблицу 6.6.

- Используя данные таблицы 6.5, вычислите механический момент на валу синхронного двигателя по формуле

$$M = \frac{P_2}{\omega} = \frac{60 \cdot P_2}{2 \cdot \pi \cdot n},$$

и занесите его в таблицу 6.6.

- Используя данные таблицы 6.5, вычислите КПД синхронного двигателя по формуле

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

и занесите ее в таблицу 6.6.

Таблица 6.6

$\Delta P_{элс}, \text{ Вт}$									
$\Delta P_{элр}, \text{ Вт}$									
$\Delta P_{щ}, \text{ Вт}$									
$P_2, \text{ Вт}$									
$M, \text{ Н}\cdot\text{м}$									
$\eta, \%$									

- Используя данные таблиц 6.5 и 6.6, постройте искомые рабочие характеристики $I_c=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$, $M=f(P_2)$ трехфазного синхронного двигателя

6.4. Снятие угловых характеристик $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ трехфазного синхронного двигателя

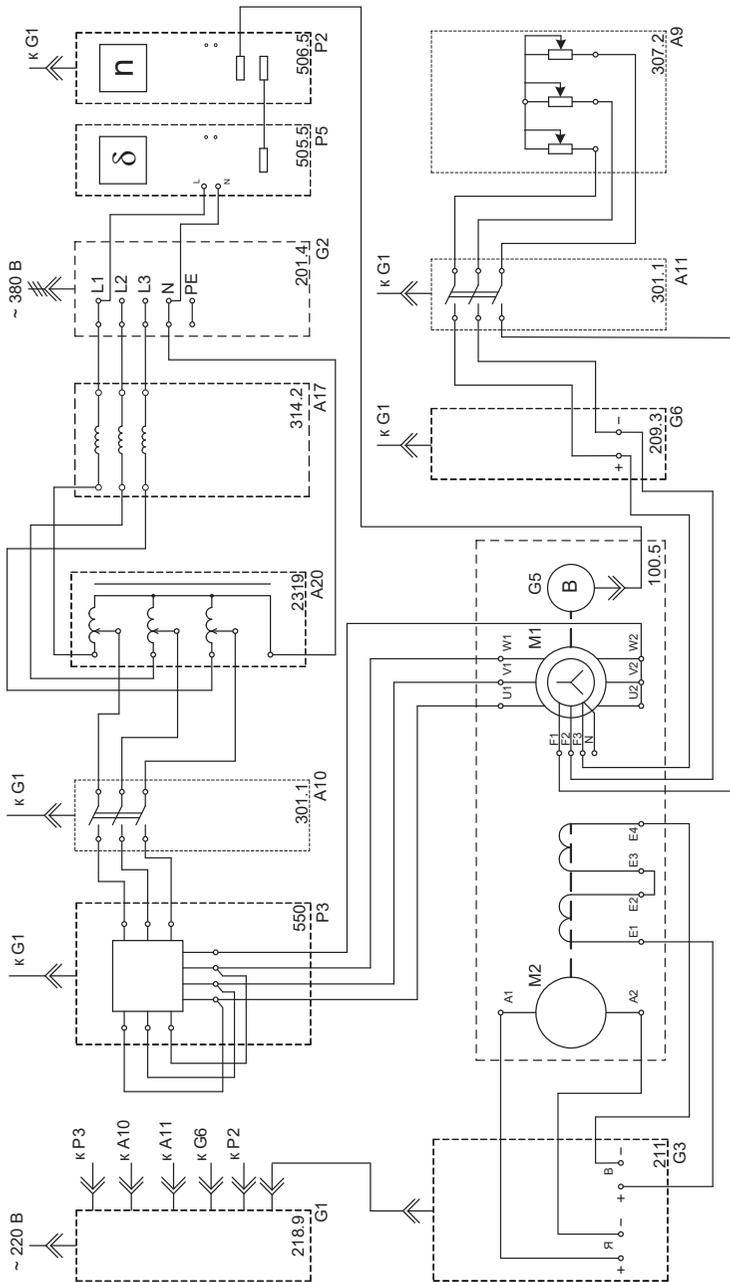


Рис. 6.4

Таблица 6.7

Обозначение	Наименование	Параметры
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10, A11	Трехполюсный выключатель	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A17	Линейный реактор	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
A20	Трехфазный регулируемый автотрансформатор	$\sim 3 \times 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
G1	Однофазный источник питания	$\sim 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G2	Трехфазный источник питания	$\sim 400 \text{ В} / 6 \text{ А}$
G3	Однофазный тиристорный преобразователь	$\pm 0 \dots 240 \text{ В}$ 1 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. Каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Возбудитель синхронной машины	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
M1	Машина переменного тока	100 Вт; 230 В \sim ; 1500 мин^{-1}
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (возбуждение)
P2	Указатель частоты вращения	$\pm 0 \dots 2000 \text{ об/мин}$
P3	Многофункциональный электроизмерительный прибор	U, I, f, P, Q, cosφ,
P5	Указатель угла нагрузки синхронной машины	$- 180^\circ \dots 0 \dots 180^\circ$

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока.
- Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G2.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой, приведенной на рис. 6.4.
- Установите переключатели тиристорного преобразователя G3 в следующие положения: «РУЧН.», «M = const», «ОТКЛ.», «СТОП». Его регулировочную рукоятку $U_{\text{УПР}}$ установите в крайнее против часовой стрелки положение.

- В случае перехода двигателя М1 в асинхронный режим работы разгрузите его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя G3 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа двигателя М1 с сетью.
- По окончании эксперимента регулировочную рукоятку $U_{упр}$ тиристорного преобразователя G3 установите в крайнее против часовой стрелки положение, переведите его переключатели в положение «СТОП» и "ОТКЛ.", отключите выключатель "СЕТЬ".
- Включите трехполюсный выключатель А11, нажав кнопку «ВКЛ»
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G2 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Отключите источник G1.
- Используя данные таблицы 6.8, постройте искомые угловые характеристики $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ трехфазного синхронного двигателя.

Рекомендуемая литература

1. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы. – СПб.: Питер, 2008
2. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Машины переменного тока. - СПб.: Питер, 2008
3. Панасюк Г.И., Попов И.А., Привалов Г.В. Авиационные электрические машины. - М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1985
4. Ермуратский П.В., Лычкина Г.П., Минкин Ю.Б. Электротехника и электроника. – М.: ДМК Пресс, 2011
5. Сапожникова Е.Ж. Авиационные электрические машины. Электрические машины постоянного тока. Пособие к выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2012
6. Сапожникова Е.Ж. Электрические машины. Пособие к выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2011
7. Сапожникова Е.Ж. Авиационные электрические машины. Пособие к выполнению лабораторных работ. Часть 4. Авиационные синхронные генераторы. – М.: МГТУ ГА, 2002
8. Сапожникова Е.Ж. Авиационные электрические машины. Пособие по выполнению контрольных домашних заданий. – М.: МГТУ ГА, 2013
9. <http://www.favt.ru/> - официальный сайт ФС ВТ
10. <http://www.mstuca.ru/> - официальный сайт МГТУ ГА;
11. <http://www.vsyua-elektrotehnika.ru/> - удобный справочник по дисциплине «Электротехника»;
12. <http://www.infosait.ru/> - библиотека стандартов