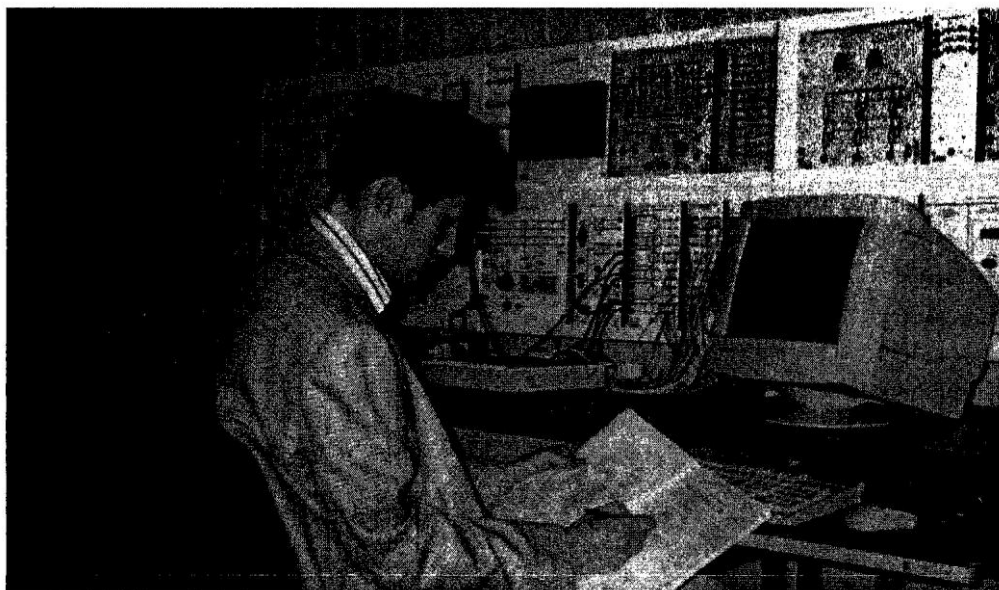


**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД**  
**Руководство по выполнению базовых экспериментов**  
**ЭП.003 РБЭ (905.2)**



Сенигов П.Н., Карпеш М.А. Электрический привод. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ЭП.003 РБЭ (905.2). - Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2005. -47 с.

Представлены перечни используемой при выполнении базовых экспериментов аппаратуры, электрические схемы соединений и их описания, а также указания по проведению базовых экспериментов.

Руководство предназначено для использования при подготовке к проведению лабораторных работ по учебной дисциплине «Электрический привод (общий курс)» и смежным с ней дисциплинам в высших и средних профессиональных образовательных учреждениях.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>Перечень аппаратуры, используемой в экспериментах.....</b>	<b>5</b>
<b>Описание и технические характеристики электромашинного агрегата.....</b>	<b>6</b>
<b>Описание и технические характеристики функциональных блоков.....</b>	<b>7</b>
<b>Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра.....</b>	<b>9</b>
<b>1. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....</b>	<b>10</b>
1.1. Электропривод системы «Источник ЭДС - двигатель постоянного тока независимого/параллельного/последовательного возбуждения».....	11
1.2. Электропривод системы «Тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока независимого/параллельного/последовательного возбуждения».....	21
1.3. Электропривод системы «Реверсивный тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока независимого возбуждения».....	29
<b>2. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.....</b>	<b>35</b>
2.1. Электропривод системы «Тиристорный регулятор напряжения - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором».....	36
2.2. Электропривод системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором».....	42

## Введение

В настоящем руководстве описаны базовые эксперименты, выполняемые на комплекте типового лабораторного оборудования «Электрический привод». В ходе их воспроизводятся установившиеся и переходные процессы в электроприводах постоянного и переменного тока.

Типовой комплект лабораторного оборудования предназначен для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине «Электрический привод (общий курс)» и смежным с ней дисциплинам в высших и средних профессиональных образовательных учреждениях.

Комплект также может быть использован в профтехучилищах и общеобразовательных школах с углубленным изучением физики.

Аппаратная часть комплекта выполнена по блочному (модульному) принципу и содержит:

- спроектированные с учебными целями натурные аналоги электрических машин, трансформаторов и элементов электрических цепей;
- источники питания;
- измерительные преобразователи и приборы;
- настольные рамы для установки необходимых в эксперименте функциональных блоков.

Питание комплекса осуществляется от трехфазной электрической сети напряжением 380 В с нейтральным и защитным проводниками.

- Потребляемая мощность Вт, не более..... 500
- Габариты (длина / ширина / высота), мм.....1850x900x 1600
- Масса, кг, не более..... 150

Методическая часть комплекта включает:

- настоящее руководство, как комплект материалов для подготовки к проведению лабораторных работ;

Типовому комплекту лабораторного оборудования «Электрический привод» присущи следующие качества.

**УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ**, которая выражается в возможности воспроизведения не только установившихся, но и переходных процессов в электроприводах.

**ГИБКОСТЬ**, которая обеспечивается возможностью компоновки требуемой конфигурации комплекта согласно с задачами каждого конкретного эксперимента.

**НАГЛЯДНОСТЬ** результатов моделирования, которая обеспечивается их регистрацией и отображением посредством традиционных измерительных приборов (аналоговых или/и цифровых).

**НАДЕЖНОСТЬ**, достигаемая за счет малой мощности силовых элементов, защитой электрических цепей от эксплуатационных коротких замыканий и неумелого обращения.

**ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ**, которая обеспечена выполнением компонентов комплекта классом защиты от поражения электрическим током 01 и I, а также применением защищенных проводников и устройства защитного отключения.

**СОВРЕМЕННЫЙ ДИЗАЙН**, который обеспечен выполнением комплекта с учетом требований эргономики, инженерной психологии и эстетики.

На комплексе активно может работать творческая бригада из 2 студентов.

## Перечень аппаратуры, используемой в экспериментах

Количество аппаратуры определённого типа, используемого в конкретном эксперименте, приведено в табл. 1.

Таблица 1

Тип аппаратуры	Номер эксперимента				
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
101.1	1	1	1	1	1
106	1	1	1	1	1
104	1	1	1	1	1
201.2	1	1	1	1	1
206.1	1			1	1
207.3		1	1	1	
217					1
301.1				1	
306.1	1	1	1		
308.2	1				
314.2			1	1	
318.1	1	1	1		
322	1	1	1		
323.2	1				
347.1		1	1	1	
506.3	1	1	1	1	1
507.2					1
508.2	1	1	1	1	
513.1					1

## Описание и технические характеристики электромашинного агрегата

Электромашинный агрегат предназначен для электромеханического преобразования энергии постоянного или переменного тока, получения сигналов, определяющих частоту вращения и угловое положение подвижных частей агрегата. Он включает сочлененные между собой и установленные на едином основании машину постоянного тока, классический асинхронный двигатель переменного тока, маховик и преобразователь угловых перемещений.

Концы обмоток машин выведены через гнезда на терминальные панели, прикрепленные к их корпусам.

<b><u>Машина постоянного тока (тип 101.2)</u></b>	
Номинальная мощность, Вт	90
Номинальное напряжение якоря, В	220
Номинальный ток якоря, А	0,56
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1500
Возбуждение	Независимое /параллельное/ последовательное
Номинальное напряжение возбуждения, В	220
Номинальный ток обмотки возбуждения, А	0,2
КПД, %	57,2
Направление вращения	любое
Режим работы	двигательный/генераторный
<b><u>Асинхронный двигатель (тип 106)</u></b>	
Число фаз на статоре	3
Схема соединения обмоток статора	А/У
Частота тока, Гц	50
Номинальная полезная активная мощность, Вт	120
Номинальное напряжение, В	220/380
Номинальный ток статора, А	0,73 / 0,42
КПД, %	63
COS φн	0,66
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1350
<b><u>Маховик</u></b>	
Момент инерции, н-м-с <sup>2</sup>	0,009
Масса, кг, не более	7
<b><u>Преобразователь угловых перемещений (тип 104)</u></b>	
Модель	BE 178A
Количество выходных каналов	6
Выходные сигналы	серия импульсов и опорный импульс
Число импульсов за оборот в серии	2500
Диапазон изменения рабочих частот вращения вала, мин <sup>-1</sup>	0..6000

## Описание и технические характеристики функциональных блоков

Таблица 2

Наименование и описание	Параметры	Код	Ширина, мм
1	2	3	4
<p><b><u>Трехфазный источник питания</u></b> Предназначен для питания комплекта трехфазным переменным напряжением. Включается вручную. Имеет защиту от перегрузок, устройство защитного отключения, кнопку аварийного отключения и ключ от несанкционированного включения.</p>	400 В ~; 16 А Ток срабатывания УЗО 30 мА	201.2	285
<p><b><u>Источник питания машины постоянного тока</u></b> Предназначен для питания обмоток якоря и возбуждения постоянным током. Включается вручную или дистанционно / автоматически (от ПЭВМ). Якорное напряжение регулируется вручную или дистанционно. Напряжение возбуждения нерегулируемое.</p>	Цепь якоря 0...250 В -; 3 А Цепь возбуждения 200 В -; 1 А	206.1	285
<p><b><u>Тиристорный преобразователь / регулятор</u></b> Предназначен для регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока (режим преобразователя) и трехфазного асинхронного двигателя (режим регулятора). Преобразует трехфазное напряжение синусоидального тока в напряжение постоянного тока, а также в трехфазное напряжение переменной величины. Выходное напряжение регулируется вручную или дистанционно / автоматически (от ПЭВМ).</p>	3x400 В ~; 2 А	207.2	285
<p><b><u>Регулируемый автотрансформатор</u></b> Предназначен для питания цепей регулируемым переменным напряжением.</p>	220/ 0..240В/2А~	318.1	142,5
<p><b><u>Преобразователь частоты</u></b> Предназначен для регулирования частоты вращения асинхронного двигателя. Выходные частота и напряжение регулируются согласованно вручную или дистанционно / автоматически (от ПЭВМ).</p>	3x0...230 В; 3А; 0...100Гц	217	285
<p><b><u>Трехполюсный выключатель</u></b> Предназначен для ручного или дистанционного/ автоматического (от ПЭВМ) включения 7 отключения электрических цепей.</p>	400 В ~; 10 А	301.1	95
<p><b><u>Терминал</u></b> Предназначен для обеспечения удобного доступа к входам / выходам управления функциональных блоков.</p>	6 розеток с 8 контактами; 6x8 гнезд	304	95

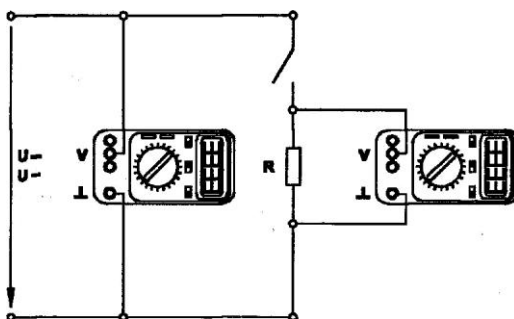
1	2	3	4
<b><u>Реостат для цепи ротора машины переменного тока</u></b> Предназначен для ручного регулирования тока в обмотке ротора машины переменного тока.	3x0...40 Ом; 1 А	307.1	285
<b><u>Реостат возбуждения машины постоянного тока</u></b> Предназначен для ручного регулирования тока возбуждения машины постоянного тока.	0...2000 Ом; 0,3...0,1 А	308.1	285
<b><u>Линейный реактор</u></b> Предназначен для моделирования индуктивного сопротивления электрической цепи.	50Гц; 0,5 А; 0,3 Гн	314.2	95
<b><u>Выпрямитель</u></b> Предназначен для неуправляемого преобразования энергии трехфазного переменного тока в энергию постоянного тока.	400 В; 10 А	322	95
<b><u>Реостат</u></b> Предназначен для ограничения пускового тока в цепи якоря двигателя постоянного тока.	0...200 Ом; 0,8 А	323.2	285
<b><u>Трехфазная трансформаторная группа</u></b> Предназначена для преобразования однофазного / трехфазного напряжения.	3x80 В·А; 230 /240,230, 220,133,127 В	347.1	285
<b><u>Блок мультиметров</u></b> Предназначен для измерения токов, напряжений, омических сопротивлений. Цифровой с жидкокристаллическим дисплеем.	0...1000В $\cong$ ; 0...10А $\cong$ ; 0...20МОм	508.2	285
<b><u>Указатель частоты вращения</u></b> Предназначен для отображения частоты вращения электрических машин в электромашином агрегате в аналоговой форме.	2000...0...2000 мин <sup>-1</sup>	506.2	142,5
<b><u>Измеритель мощностей</u></b> Предназначен для измерения активной и реактивной мощностей в однофазной электрической цепи и отображения их в аналоговой форме.	15; 60; 150; 300;600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А	507.2	285
<b><u>Амперметр</u></b> Предназначен для измерения действующего значения электрического тока.	0-1 А	513.1	95



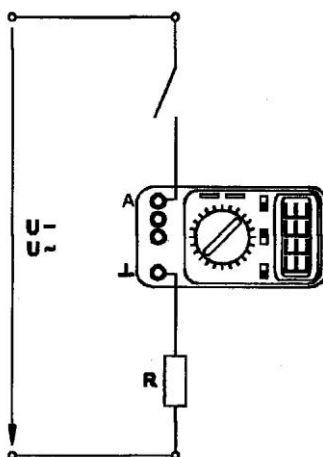
## Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра

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

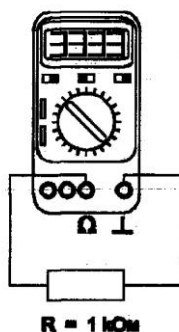
- установить род тока (постоянный/переменный);
- выбрать диапазон измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильно подсоединить зажимы мультиметра к измеряемой цепи.



*Присоединение мультиметра (как вольтметра) для измерения напряжения*



*Присоединение мультиметра (как амперметра) для измерения тока*



*Присоединение мультиметра (как омметра) для измерения омического сопротивления*

## 1. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электроприводы - *разомкнутые*.

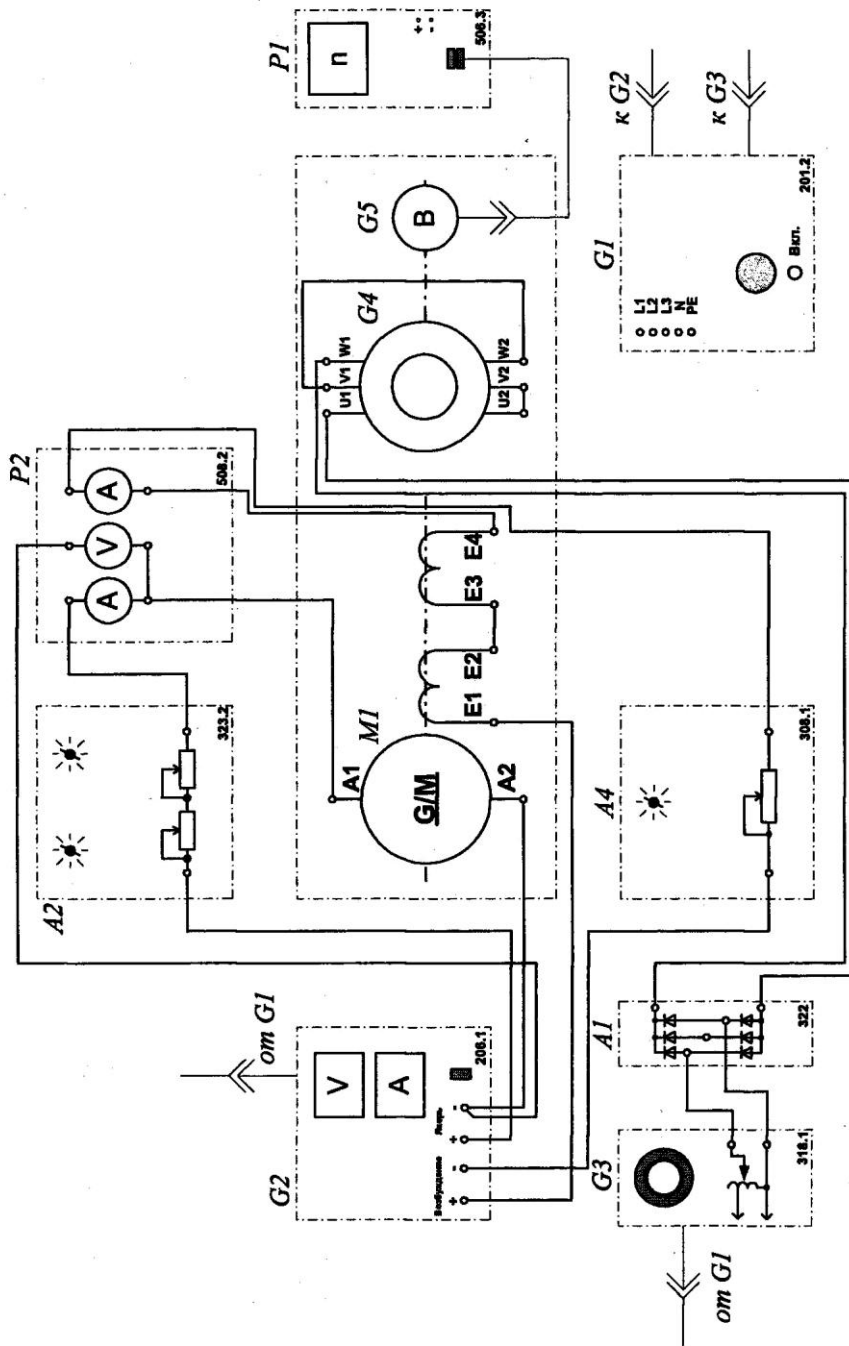
Управление - *ручное*.

Регистрация режимных параметров - *с помощью щитовых измерительных приборов*.

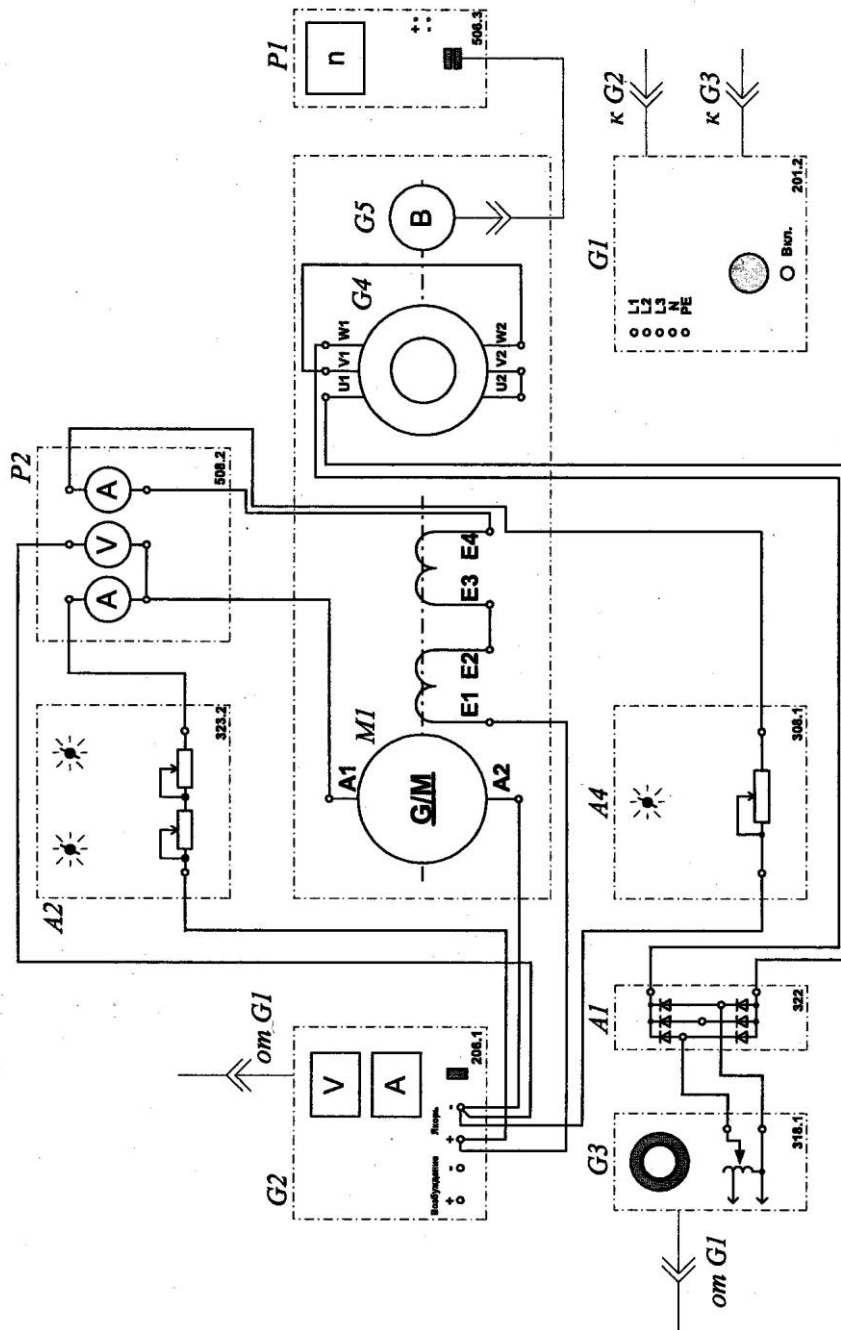
***Электропривод системы «Источник ЭДС - двигатель постоянного тока  
независимого/параллельного/последовательного возбуждения»***

- Электрические схемы соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрических схем соединений
- Указания по проведению эксперимента

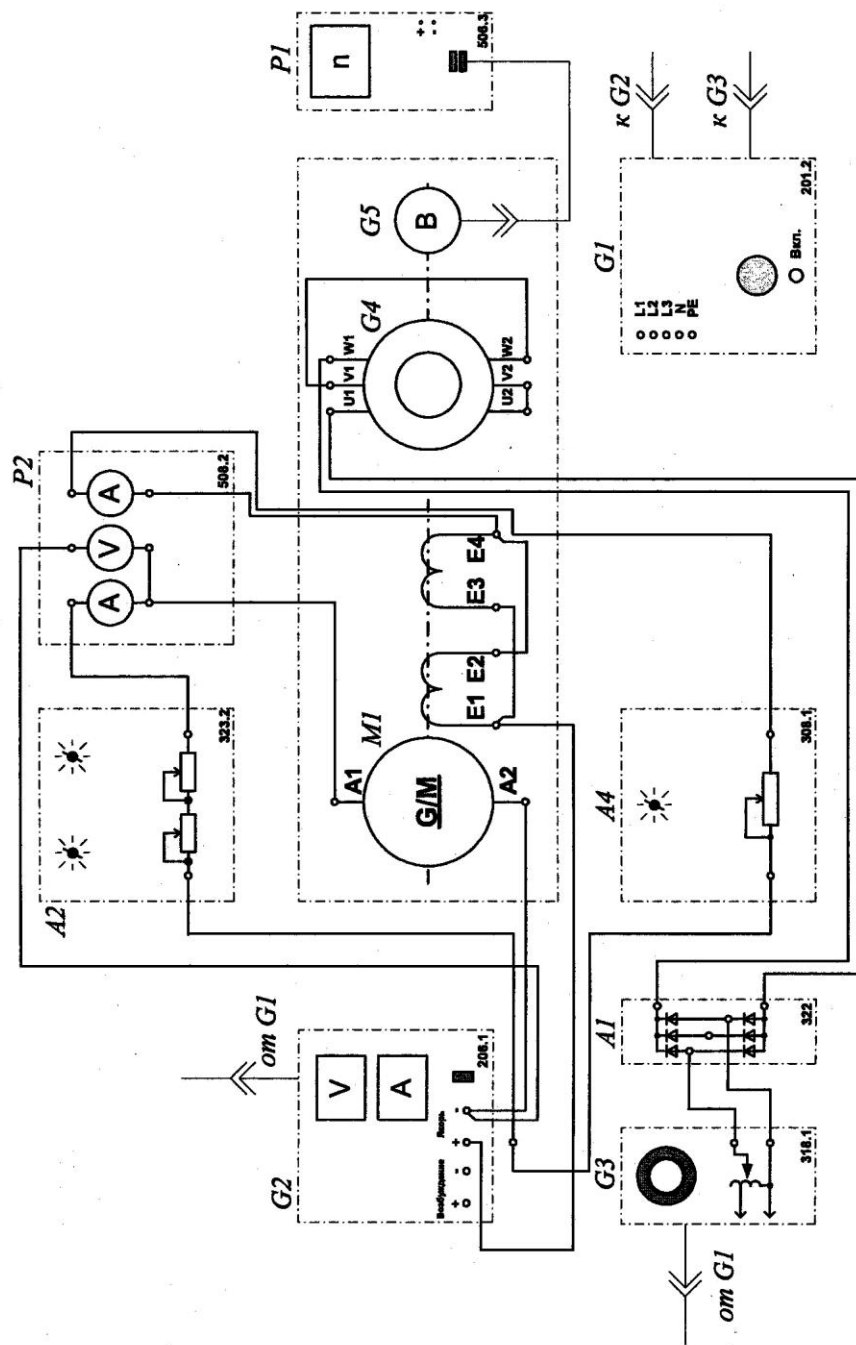
# Электрическая схема соединений (вариант 1)



## Электрическая схема соединений (вариант 2)



### Электрическая схема соединений (вариант 3)



## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Выпрямитель	322	Трехфазный мост 3x400 В/ 2 А
A2	Реостат	323.1	200 Ом; 0,8 А
A4	Реостат возбуждения машины постоянного тока	308.2	0...2000 Ом; 0,1...0,5 А
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	0...250В- 3 А (якорь) 200 В -; 1 А (возбуждение)
G3	Регулируемый автотрансформатор	318.1	220/0..240В 2 А ~
G4	Асинхронный двигатель	106	50 Вт; 230 В ~; 1500 мин <sup>-1</sup>
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 выходных сигналов
M1	Машина постоянного тока	101.1	90 Вт; 220 В 0,76 А (якорь) 220 В (возбуждение)
P1	Указатель частоты вращения	506.2	2000...0...2000 мин <sup>-1</sup>
P2	Блок мультиметров	508.2	0...1000В≅; 0...20А≅

## Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением обмоток машины (двигателя) постоянного тока M1, работающей с независимым, параллельным или последовательным возбуждением. При этом в первых двух случаях половины обмотки возбуждения двигателя M1 следует соединить последовательно, а в третьем случае - параллельно.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P1 электромашинного агрегата.

Двигатель переменного тока G4, работающий в режиме тормоза и обеспечивающий нагрузку на валу исследуемого двигателя, питается постоянным током от регулируемого автотрансформатора G3 через выпрямитель A1.

Реостат A2 ограничивает ток цепи якоря двигателя M1. Реостат A4 возбуждения машины переменного тока ограничивает ток цепи возбуждения двигателя M1.

С помощью мультиметров блока P2 контролируются ток и напряжение якоря, а также ток возбуждения двигателя M1.



## Указания по проведению экспериментов

- Убедитесь, что устройства, используемые в экспериментах, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (**вариант 1 для исследования двигателя с независимым возбуждением**) / (**вариант 2 для исследования двигателя с параллельным возбуждением**) / (**вариант 3 для исследования двигателя с последовательным возбуждением**).
- Переключатель режима работы источника G2 установите в положение «РУЧН.».
- Регулировочные рукоятки источника G2 и регулируемого автотрансформатора G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Переведите регулировочные рукоятки реостатов A2 и A4, например, в положения соответственно 50 и 200 Ом.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P2 и указателя частоты вращения P1.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M1 до частоты вращения, например, 1500 мин<sup>-1</sup>.

### 1.1.1. Определение координат и параметров электропривода в статическом режиме

- Частоту вращения  $n$  [мин<sup>-1</sup>] двигателя измеряйте с помощью указателя P1.
- Ток возбуждения  $I_f$  [А], ток  $I_a$  [А] и напряжение  $U_a$  [В] якоря двигателя M1 измеряйте мультиметрами блока P2.

### 1.1.2. Определение статической механической характеристики двигателя

- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.
- Вращая регулировочную рукоятку регулируемого автотрансформатора G3, изменяйте ток якоря  $I_a$  (до 1 А) двигателя M1 и заносите показания соответствующего амперметра и вольтметра блока P2, а также указателя P1 в таблицу 1.1.1.

Таблица 1.1.1.

$I_a, A$									
$U_a, B$									
$n, \text{мин}^{-1}$									

- По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G3, а затем у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора и отключите выключатели «СЕТЬ» указанных блоков. Отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные табл. 1.1.1. вычислите значения угловой частоты вращения  $\omega$  двигателя M1 по выражению

(1.1.1)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

и его электромагнитного момента  $M$  по формуле

(1.1.2.)

$$M = \frac{60}{2\pi n} (U_a - 65 \cdot I_a) \cdot I_a$$

и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.2.

Таблица 1.1.2.

$M, \text{Н}\cdot\text{м}$									
$\omega, \text{с}^{-1}$									

- Используя табл. 1.1.2, постройте в виде графика механическую характеристику  $\omega = f(M)$  двигателя.

### 1.1.3. Регулирование скорости вращения двигателя изменением сопротивления реостата в цепи якоря

- Переведите регулировочные рукоятки реостатов А2 и А4, например, в положение 0 Ом.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р2 и указателя частоты вращения Р1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель М1 до частоты вращения, например, 1500 мин<sup>-1</sup>.
- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G3, установите ток якоря двигателя М1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.
- Меняя положение регулировочных рукояток реостата А2, изменяйте его сопротивление R и заносите значения последнего и показания указателя Р1 в таблицу 1.1.3.

Таблица 1.1.3.

$R, \text{Ом}$									
$n, \text{мин}^{-1}$									

- По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G3, а затем у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора и отключите выключатели «СЕТЬ» указанных блоков. Отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные таблицы 1.1.3, вычислите по формуле 1.1.1. значения угловой скорости вращения со двигателя М1 и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.4.

Таблица 1.1.4

$R, \text{Ом}$									
$\omega, \text{с}^{-1}$									

- Используя данные табл. 1.1.4., постройте зависимость  $\omega = f(R)$ .

#### 1.1.4. Регулирование скорости вращения двигателя изменением возбуждения

- Переведите регулировочные рукоятки реостатов А2 и А4, например, в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р2 и указателя частоты вращения Р1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель М1 до частоты вращения, например, 1000 мин<sup>-1</sup>.
- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G3, установите ток якоря двигателя М1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.
- Меняя положение регулировочной рукоятки реостата А4, изменяйте ток возбуждения I<sub>f</sub> и заносите показания амперметра блока Р2 и указателя Р1 в таблицу 1.1.5.

Таблица 1.1.5.

I <sub>f</sub> , А									
n, мин <sup>-1</sup>									

- По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G3, а затем у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора и отключите выключатели «СЕТЬ» указанных блоков. Отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные таблицы 1.1.5., вычислите значения угловой скорости  $\omega$  двигателя М1 и занесите полученные результаты в таблицу 1Л .6.

Таблица 1.1.6.

I <sub>f</sub> , А									
$\omega$ , с <sup>-1</sup>									

- Используя данные табл. 1.1.6, постройте зависимость  $\omega = f(I_f)$ .

### 1.1.5. Регулирование скорости вращения двигателя изменением напряжения якоря

- Переведите регулировочные рукоятки реостатов А2 и А4, например, в крайнее против часовой стрелки положение, а активной нагрузки А1 в крайнее по часовой стрелке положение.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р2 и указателя частоты вращения Р1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель М1 до частоты вращения, например, 1500 мин<sup>-1</sup>.
- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G3, установите ток якоря двигателя М1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, уменьшайте напряжение якоря U<sub>a</sub> двигателя М1 и заносите показания вольтметра блока Р2 и указателя Р1 в таблицу 1.1.7.

Таблица 1.1.7.

U <sub>a</sub> , В									
n, мин <sup>-1</sup>									

- По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G3, а затем у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора и отключите выключатели «СЕТЬ» указанных блоков. Отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные таблицы 1.1.7., вычислите значения угловой скорости вращения ю двигателя М1 по выражению (1.1.1.) и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.8.

Таблица 1.1.8.

U <sub>a</sub> , В									
ω, с <sup>-1</sup>									

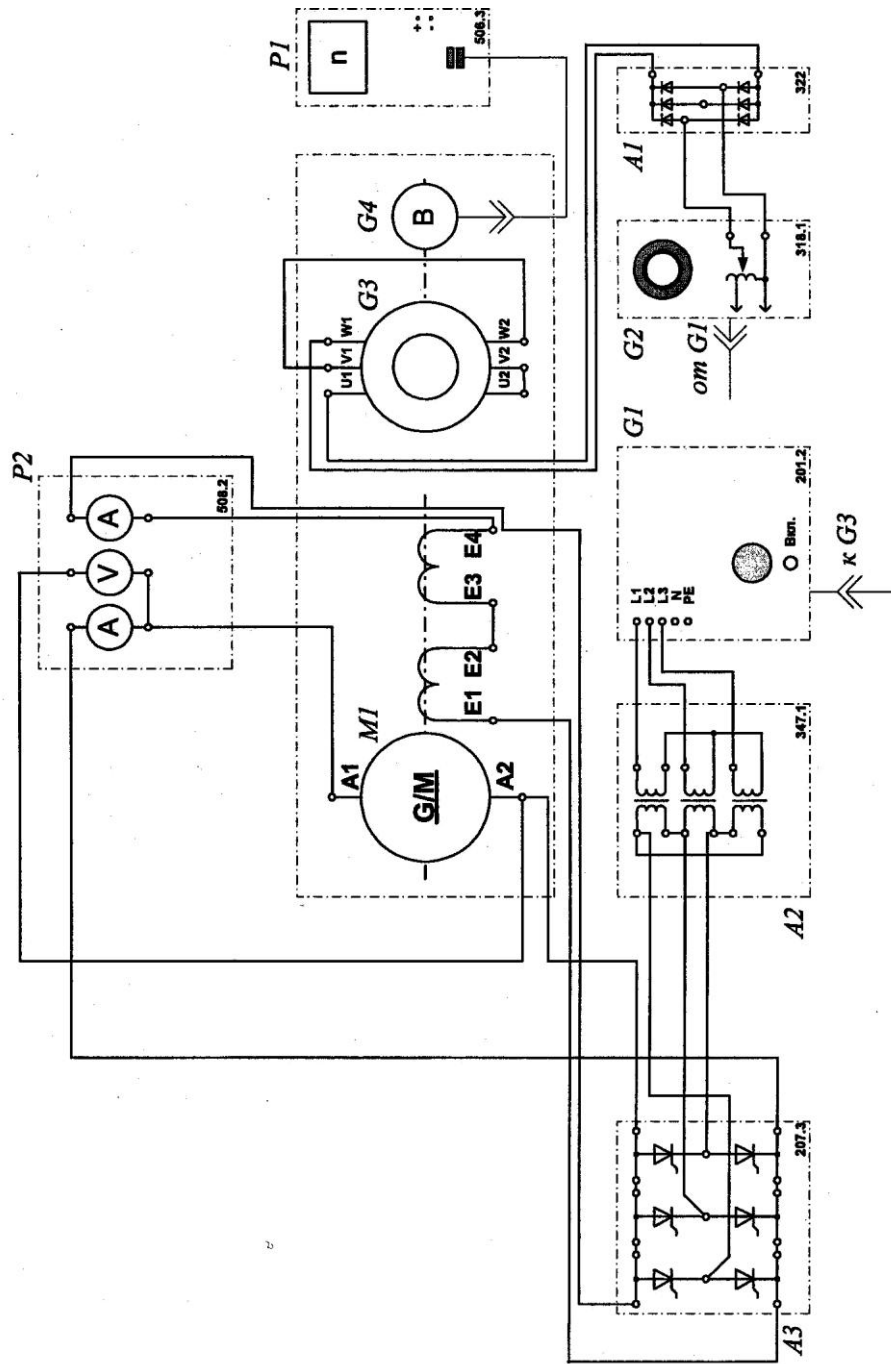
- Используя данные табл. 1.1.8, постройте в виде графика зависимость  $\omega = f(U_a)$ .

***1.2. Электропривод системы «Тиристорный преобразователь -  
двигатель постоянного тока  
независимого/параллельного/последовательного возбуждения»***

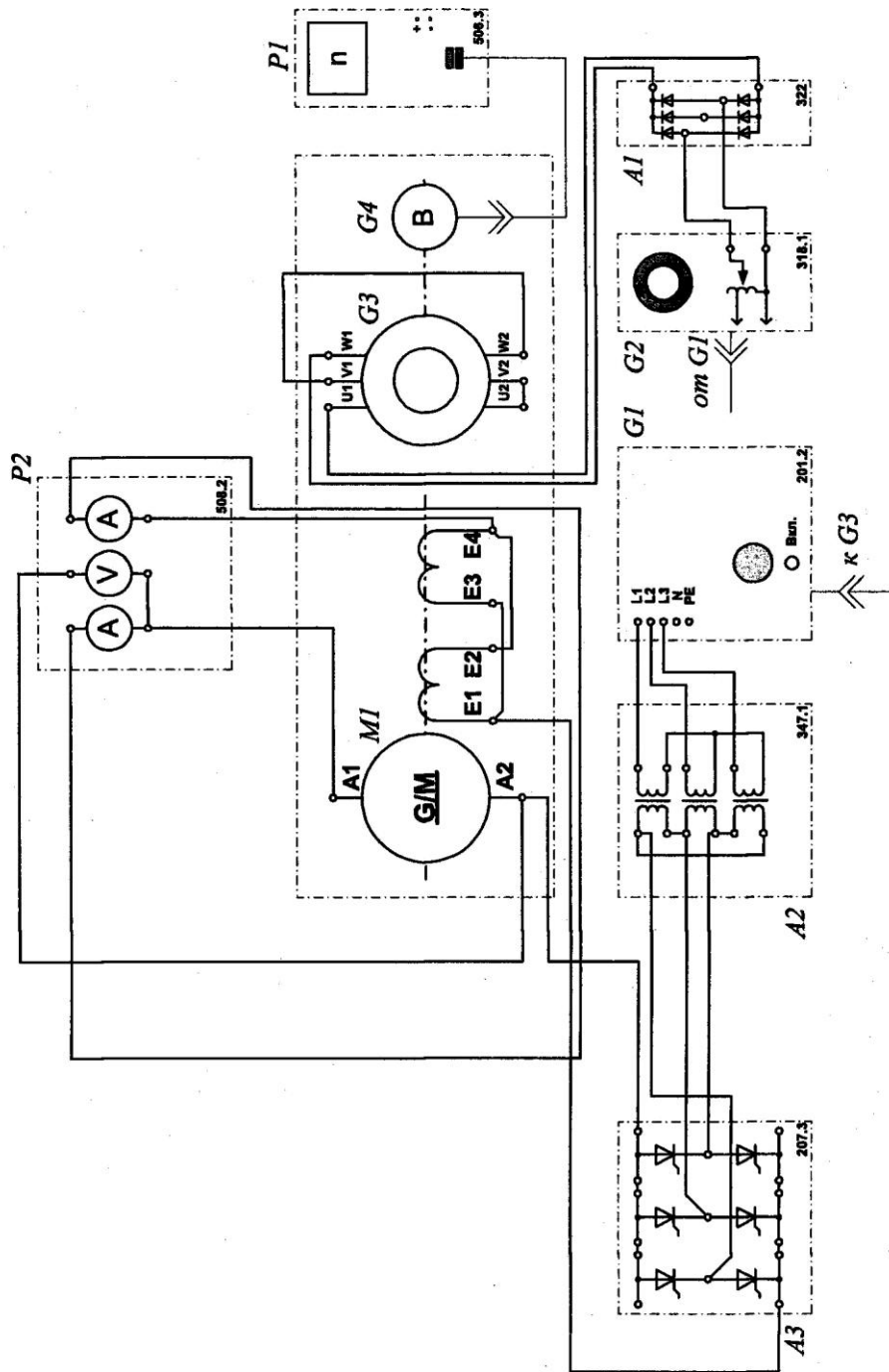
- Электрические схемы соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрических схем соединений
- Указания по проведению эксперимента



# Электрическая схема соединений (вариант 2)



### Электрическая схема соединений (вариант 3)





## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Выпрямитель	322	Трехфазный мост 3x400 В/ 2 А
A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1	3x80 В·А; 230/240,230,220,133, 127 В
A3	Тиристорный преобразователь - регулятор	207.2	3x400 В~/2 А 6 тиристоров
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
G2	Регулируемый автотрансформатор	318.1	220/0..240В 2 А ~
G3	Асинхронный двигатель	106	50 Вт; 230 В ~; 1500 мин <sup>-1</sup>
G4	Преобразователь угловых перемеще- ний	104	6 выходных сигналов
G5	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	0...250В- 3 А (якорь) 200 В -; 1 А (возбуждение)
M1	Машина постоянного тока	101.1	90 Вт; 220 В 0,76 А (якорь) 220 В (возбуждение)
P1	Указатель частоты вращения	506.2	2000...0...2000 мин <sup>-1</sup>
P2	Блок мультиметров	508.2	0...1000В≐; 0...20А≐

## Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Тиристорный преобразователь/регулятор A3 питает регулируемым напряжением обмотки машины (двигателя) постоянного тока M1, работающей с независимым, параллельным или последовательным возбуждением. При этом в первых двух случаях половины обмотки возбуждения двигателя M1 следует соединить последовательно, а в третьем случае - параллельно.

Трехфазная трансформаторная группа A2 преобразует напряжение источника G1 в пониженное напряжение, подаваемое на тиристорный преобразователь/регулятор A3.

Источник G5 используется для питания обмотки возбуждения двигателя M1 в случае включения последнего по схеме с независимым возбуждением.

Преобразователь угловых перемещений G4 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P1 электромашинного агрегата.

Двигатель переменного тока G3, работающий в режиме тормоза и обеспечивающий нагрузку на валу исследуемого двигателя, питается постоянным током от регулируемого автотрансформатора G2 через выпрямитель A1.

С помощью мультиметров блока P2 контролируются ток и напряжение якоря, а также ток возбуждения двигателя M1.

## Указания по проведению экспериментов

- Убедитесь, что устройства, используемые в экспериментах, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (**вариант 1 для исследования двигателя с независимым возбуждением**) / (**вариант 2 для исследования двигателя с параллельным возбуждением**) / (**вариант 3 для исследования двигателя с последовательным возбуждением**).
- Регулировочные рукоятки регулируемого автотрансформатора G2 и тиристорного преобразователя А3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Номинальное вторичное фазное напряжение трехфазной трансформаторной группы А2 установите равным 133 В.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р2 и указателя частоты вращения Р1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя/регулятора А3.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатель «СЕТЬ» источника G5 и нажмите кнопку «ВКЛ» на его лицевой панели.
- Нажмите кнопку «3Ф ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ» на лицевой панели преобразователя А3 и удерживайте ее до тех пор, пока не загорится расположенный рядом с ней светодиод.
- Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя А3, разгоните двигатель М1 до частоты вращения, например, 1500 мин<sup>-1</sup>.

### 1.2.1. Определение координат и параметров электропривода в статическом режиме

- Частоту вращения  $n$  [мин<sup>-1</sup>] двигателя измеряйте с помощью указателя Р1.
- Ток возбуждения  $I_f$  [А], ток  $I_a$  [А] и напряжение  $U_a$  [В] якоря двигателя М1 измеряйте мультиметрами блока Р2.

### 1.2.2. Определение статической механической характеристики двигателя

- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G2.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G2, изменяйте ток якоря  $I_a$  (до 1 А) двигателя М1 и заносите показания соответствующего амперметра и вольтметра блока Р2, а также указателя Р1 частоты вращения в таблицу 1.2.1.

Таблица 1.2.1.

$I_a, A$									
$U_a, B$									
$n, \text{мин}^{-1}$									

- По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G2, а затем у преобразователя А3 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора. Отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные табл. 1.2.1. вычислите значения угловой частоты вращения  $\omega$  по выражению (1.1.1) и электромагнитного момента М двигателя по формуле (1.1.2) и занесите полученные результаты в таблицу 1.2.2.

Таблица 1.2.2.

M, Н·м									
$\omega$ , с <sup>-1</sup>									

- Используя данные табл. 1.2.2., постройте в виде графика механическую характеристику  $\omega = f(M)$  двигателя.

### 1.2.3. Регулирование скорости вращения двигателя изменением напряжения якоря

- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P2 и указателя частоты вращения P1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя/регулятора A3.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатель «СЕТЬ» источника G5 и нажмите кнопку «ВКЛ» на его лицевой панели.
- Нажмите кнопку «3Ф ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ» на лицевой панели преобразователя A3 и удерживайте ее до тех пор, пока не загорится расположенный рядом с ней светодиод.
- Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя A3, разгоните двигатель M1 до частоты вращения, например, 1500 мин<sup>-1</sup>.
- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G2.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G2, установите ток якоря двигателя M1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.
- Вращая регулировочную рукоятку преобразователя A3, изменяйте угол управления преобразователя A3 в диапазоне 30.. 170 град, и заносите показания вольтметра блока P2 и указателя P1 в таблицу 1.2.3.

Таблица 1.2.3.

U <sub>a</sub> , В									
n, мин <sup>-1</sup>									

- По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G2, а затем у преобразователя A3 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора. Отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные таблицы 1.2.3., вычислите значения угловой скорости вращения  $\omega$  двигателя по выражению (1.1.1.) и занесите полученные результаты в таблицу 1.2.4.

Таблица 1.2.4.

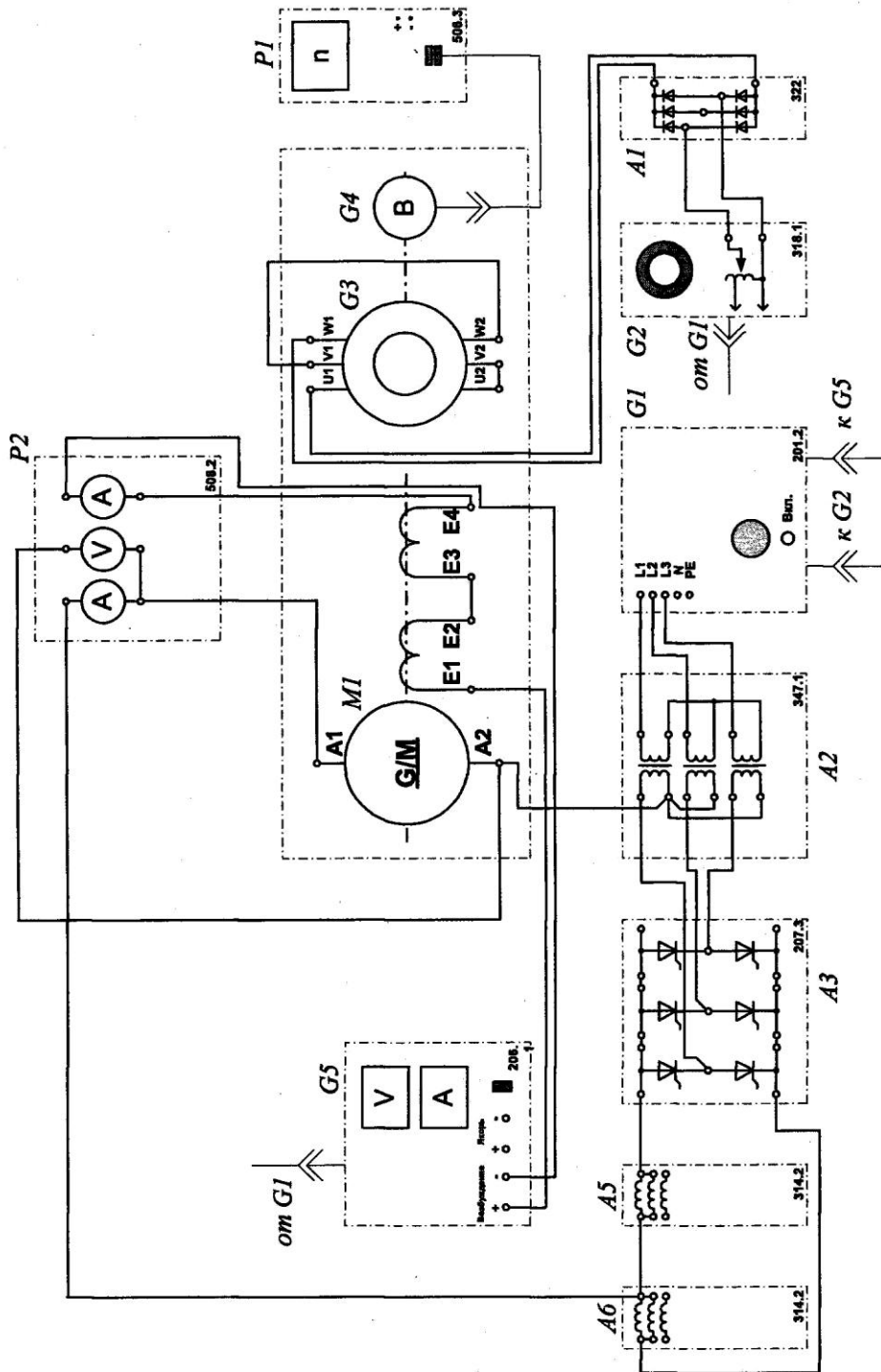
U <sub>a</sub> , В									
$\omega$ , с <sup>-1</sup>									

- Используя данные табл. 1.2.4., постройте зависимость  $\omega = f(U_a)$  двигателя.

### ***1.3. Электропривод системы «Реверсивный тиристорный преобразователь- двигатель постоянного тока независимого возбуждения»***

- Электрические схемы соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрических схем соединений
- Указания по проведению эксперимента

# Электрическая схема соединений



## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Выпрямитель	322	Трехфазный мост 3x400 В/ 2 А
A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1	3x80 В·А; 230/240,230,220, 133, 127 В
A3	Тиристорный преобразователь - регулятор	207.2	3x400 В ~ / 2 А 6 тиристоров
A5, A6	Линейный реактор	314.2	220/380 В; 50Гц; 0,5 А; 0,3Гн/10Ом
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
G2	Регулируемый автотрансформатор	318.1	220/0..240В 2 А ~
G3	Асинхронный двигатель	106	50 Вт; 230 В ~; 1500 мин <sup>-1</sup>
G4	Преобразователь угловых перемеще- ний	104	6 выходных сигналов
G5	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	0...250В- 3 А(якорь) 200 В -; 1 А (возбуждение)
M1	Машина постоянного тока	101.1	90 Вт; 220 В 0,76 А (якорь) 220 В (возбуждение)
P1	Указатель частоты вращения	506.2	2000...0...2000 мин <sup>-1</sup>
P2	Блок мультиметров	508.2	0...1000В≅; 0...20А≅

## Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Тиристорный преобразователь/регулятор A3, включенный как реверсивный тиристорный преобразователь, питает регулируемым напряжением обмотки машины (двигателя) постоянного тока M1, работающей с независимым возбуждением.

Линейные реакторы A5 и A6 ограничивают уравнивающий ток реверсивного преобразователя A3.

Трехфазная трансформаторная группа A2 преобразует напряжение источника G1 в пониженное напряжение, подаваемое на тиристорный преобразователь/регулятор A3.

Источник питания G5 двигателя постоянного тока используется для питания обмотки возбуждения двигателя M1 в случае включения последнего по схеме с независимым возбуждением.

Преобразователь угловых перемещений G4 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P1 электромашинного агрегата.

Двигатель переменного тока G3, работающий в режиме тормоза и обеспечивающий нагрузку на валу исследуемого двигателя, питается постоянным током от регулируемого автотрансформатора G2 через выпрямитель A1.

С помощью мультиметров блока P2 контролируются ток и напряжение якоря, а также ток возбуждения двигателя M1.





- По завершении эксперимента отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные табл. 1.3.1. вычислите значения угловой частоты вращения  $\omega$  по выражению (1.1.1) и электромагнитного момента M двигателя по формуле (1.1.2) и занесите полученные результаты в таблицу 1.3.2.

Таблица 1.3.2.

M, Н·м									
$\omega$ , с <sup>-1</sup>									

- Используя данные табл. 1.3.2, постройте в виде графика механическую характеристику  $\omega = f(M)$  двигателя.

### 1.3.3. Регулирование скорости и направления вращения двигателя изменением напряжения якоря

- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P2 и указателя частоты вращения P1.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя/регулятора A3.
- Включите выключатель «СЕТЬ» источника G5 питания двигателя постоянного тока и нажмите кнопку «ВКЛ» на его лицевой панели.
- Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя A3, установите его угол управления 100 град.
- Нажмите кнопку «3Ф ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ» на лицевой панели преобразователя A3 и удерживайте ее до тех пор, пока не загорится расположенный рядом с ней светодиод.
- Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя A3, разгоните двигатель M1 до частоты вращения, например, 1500 мин<sup>-1</sup>.
- Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G2.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G2, установите ток якоря двигателя M1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.
- Вращая регулировочную рукоятку преобразователя A3, изменяйте угол управления преобразователя A3 в диапазоне 40.. 160 град, и заносите показания вольтметра блока P2 и указателя P1 в таблицу 1.3.3.

Таблица 1.3.3.

U <sub>a</sub> , В									
n, мин <sup>-1</sup>									

- По завершении эксперимента отключите источник G1 нажатием на кнопку - гриб и последующим отключением ключа - выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.
- Используя данные таблицы 1.3.3., вычислите значения угловой частоты вращения  $\omega$  двигателя по выражению (1.1.1.) и занесите полученные результаты в таблицу 1.3.4.

Таблица 1.3.4.

U <sub>a</sub> , В									
$\omega$ , с <sup>-1</sup>									

- Используя данные табл. 1.3.4., постройте зависимость  $\omega = f(U_a)$  двигателя.

## **2. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Электроприводы - *разомкнутые*.

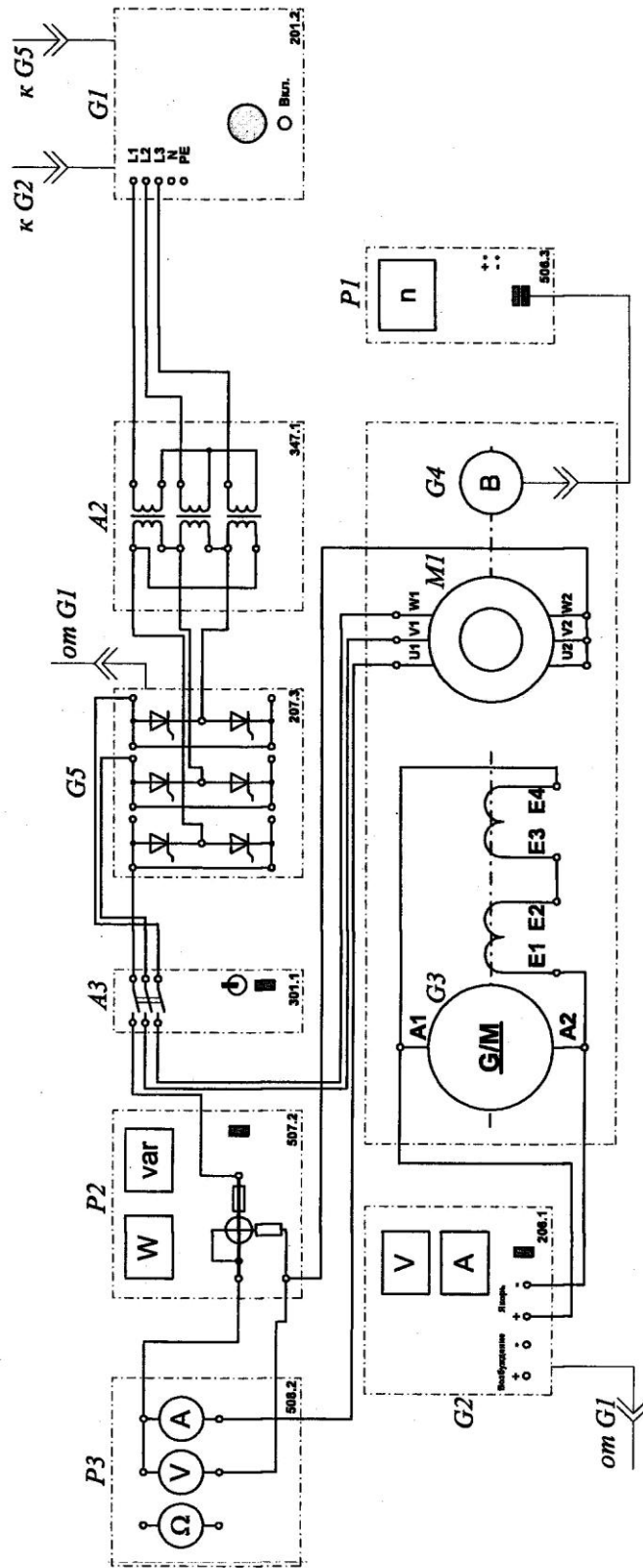
Управление - *ручное*.

Регистрация режимных параметров - *с помощью щитовых измерительных приборов*.

## ***2.1. Электропривод системы «Тиристорный регулятор напряжения - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»***

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

# Электрическая схема соединений



## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1	3 x 80 В·А; 230 / 242,235,230, 226,220,133,127 В
A3	Трехполюсный выключатель	301.1	400 В ~; 10 А
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	0...250В- 3 А (якорь) 200 В -; 1 А (возб.)
G3	Машина постоянного тока	101.1	90 Вт; 220 В 0,76 А (якорь) 220 В (возбуждение)
G4	Преобразователь угловых перемещений	104	6 выходных сигналов
G5	Тиристорный преобразователь / регулятор	207.2	3x400 В ~ / 2 А 6 тиристоров
M1	Двигатель переменного тока	106	50 Вт; 230 В ~; 1500 мин <sup>-1</sup>
P1	Указатель частоты вращения	506.3	2000...0...2000 мин <sup>-1</sup>
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А
P3	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000В $\approx$ ; 0...10А $\approx$ ; 0...20МОм

## Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением обмоток машины постоянного тока G3 с параллельным возбуждением, работающей в режиме тормоза.

Преобразователь угловых перемещений G4 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P1 электромашинного агрегата.


Тиристорный преобразователь/регулятор G5 служит для получения регулируемого трехфазного напряжения для питания двигателя M1.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором M1 получает питание от тиристорного преобразователя/регулятора G5 через трехполюсный выключатель A3.

Измеритель мощностей P2 используется для измерения активной мощности в фазе «А» исследуемого двигателя M1.

С помощью мультиметра блока P1 контролируется ток фазы «А» двигателя M1.

## Указания по проведению экспериментов

- Убедитесь, что устройства, используемые в экспериментах, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления  устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2 и выключателя А3 установите в положение «РУЧН».
- Регулировочные рукоятки источника G2 и преобразователя/регулятора G5 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите переключателями в блоке А2 номинальные вторичное фазное напряжение трансформаторов 133 В.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, используемых в эксперименте.
- Нажмите кнопку «РЕГУЛЯТОР 3Ф НАПРЯЖЕНИЯ» на лицевой панели преобразователя G5 и удерживайте ее до тех пор, пока не загорится расположенный рядом с ней светодиод.
- Вращая регулировочную рукоятку преобразователя G5, установите его угол управления, например, 20 град.
- Включите выключатель А3 нажатием на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели.

### 2.1.1. Определение координат и параметров электропривода в статическом режиме

- Частоту вращения  $n$  [мин<sup>-1</sup>] двигателя М1 измеряйте с помощью указателя Р1.
- Активную  $P$  [Вт] и реактивную  $Q$  [Вар] мощности, потребляемые двигателем М1, определяйте с помощью измерителя Р2.
- Ток статора двигателя М1 измеряйте мультиметром блока Р3.

### 2.1.2. Определение статической механической характеристики двигателя

- Нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, изменяйте момент на валу исследуемого двигателя М1 и заносите значения тока  $I$  его статорной обмотки, активной мощности  $P$  и частоты вращения  $n$  в таблицу 2.1.1.

Таблица 2.1.1

I, А									
P, Вт									
n, мин-1									

- По завершении эксперимента поверните регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до упора и нажмите кнопку «ОТКЛ.». Отключите выключатель А3 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» и источник G1 нажатием на кнопку - гриб. Отключите выключатели «СЕТЬ» задействованных в эксперименте блоков.
- Используя данные табл. 2.1.1, вычислите значения угловой скорости  $\omega$  по выражению (1.1.1) и электромагнитного момента  $M$  двигателя по выражению



$$M = \frac{3 \cdot P - 3 \cdot I^2 \cdot r}{\omega_0},$$

где

P - активная мощность, потребляемая фазой двигателя М1, Вт;

r - активное сопротивление фазы статорной обмотки двигателя М1, Ом (r = 21 Ом);

I - фазный ток двигателя М1;

$\omega_0$  - угловая частота вращения магнитного поля двигателя М1 ( $\omega_0 = 157 \text{ с}^{-1}$ ).

- Полученные результаты занесите в таблицу 2.1.2.

Таблица 2.1.2

M, Н·м									
$\omega$ , $\text{с}^{-1}$									

- Используя данные таблицы 2.1.2, постройте в виде графика механическую характеристику  $\omega = f(M)$  двигателя.

### 2.1.3. Регулирование скорости вращения двигателя изменением напряжения статора

- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, используемых в эксперименте.
- Нажмите кнопку «РЕГУЛЯТОР 3Ф НАПРЯЖЕНИЯ» на лицевой панели преобразователя G5 и удерживайте ее до тех пор, пока не загорится расположенный рядом с ней светодиод.
- Вращая регулировочную рукоятку преобразователя G5, установите его угол управления 0 град.
- Включите выключатель А3 нажатием на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели.
- Нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращением регулировочной рукоятки источника G2 установите ток на его выходе «ЯКОРЬ» равным, например, 0,5 А.
- Вращая регулировочную рукоятку, изменяйте угол управления преобразователя G5 в диапазоне 0..170 град, и заносите показания вольтметра блока P3 и указателя P1 в таблицу 2.1.3.

Таблица 2.1.3

U, В									
n, $\text{мин}^{-1}$									

- По завершении эксперимента поверните регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до упора и нажмите кнопку «ОТКЛ.». Отключите выключатель А3 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» и источник G1 нажатием на кнопку - гриб. Отключите выключатели «СЕТЬ» задействованных в эксперименте блоков.
- Используя данные табл. 2.1.3, вычислите значения скорости ю двигателя по выражению (1.1.1) и занесите полученные результаты в табл. 2.1.4.

Таблица 2.1.4

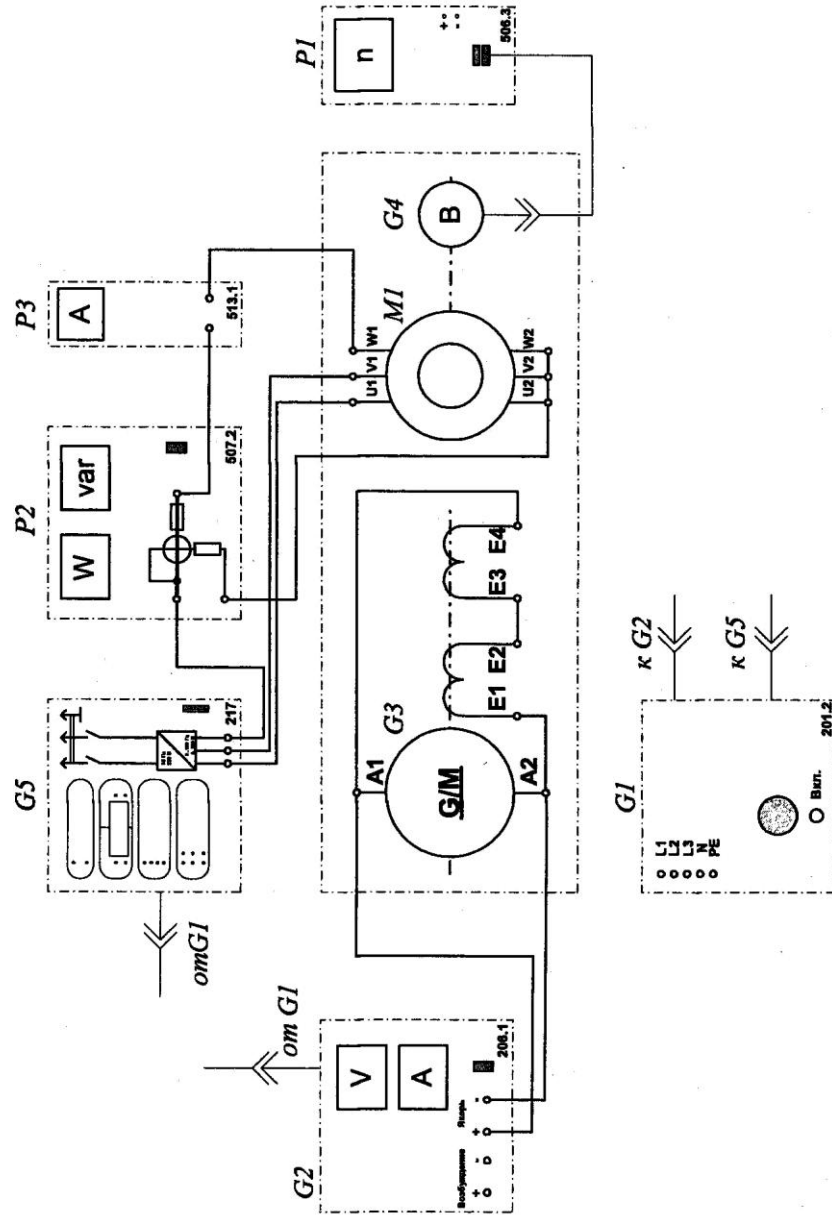
U, В									
$\omega$ , $\text{с}^{-1}$									

- Используя данные табл. 2.1 Л., постройте в виде графика зависимость  $\omega = f(U)$ .

## ***2.2. Электропривод системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»***

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

# Электрическая схема соединений



## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	0...250В- 3 А (якорь) 200 В -; 1 А (возбуждение)
G3	Машина постоянного тока	101.1	90 Вт; 220 В 2,4 А (якорь) 220 В (возбуждение)
G4	Преобразователь угловых перемещений	104	6 выходных сигналов
G5	Преобразователь частоты	217	0...100Гц 3x220 В; 3 А
M1	Двигатель переменного тока	106	50 Вт; 230 В ~; 1500 мин <sup>-1</sup>
P1	Указатель частоты вращения	506.3	2000...0...2000 мин <sup>-1</sup>
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А
P3	Амперметр	513.1	0..1 А

## Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением обмоток машины постоянного тока G3 с параллельным возбуждением, работающей в режиме тормоза.

Преобразователь угловых перемещений G4 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P1 электромашинного агрегата.

Преобразователь частоты G5 служит для получения регулируемого трехфазного напряжения для питания двигателя M1.

Измеритель мощностей P2 служит для определения активной и реактивной мощностей, потребляемых одной фазой двигателя M1.

Амперметр P3 служит для измерения тока фазы двигателя M1.



### 2.2.3. Регулирование скорости вращения двигателя согласованным изменением частоты и величины напряжения статора

- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите ток на его выходе «ЯКОРЬ» равным, например, 0,5 А (но не более 1 А).
- Вращая регулировочную рукоятку преобразователя частоты G5, изменяйте скорость  $\omega_0$  вращения магнитного поля двигателя М1 в диапазоне 10..200 рад/с и заносите ее значения (считываются с дисплея преобразователя частоты G5), а также значения скорости  $\omega$  вращения двигателя М1 в таблицу 2.2.2.

Таблица 2.2.2

$\omega_0$ , рад/с									
$\omega$ , рад/с									

- По завершении эксперимента отключите задействованные в нем блоки.
- Используя данные табл. 2.2.1, вычислите значения угловой скорости  $\omega$  по выражению (1.1.1) и электромагнитного момента М двигателя по выражению (2.1.1). Полученные результаты занесите в таблицу 2.2.3.

Таблица 2.2.3.

М, Н·м									
$\omega$ , с <sup>-1</sup>									

- По данным табл. 2.2.3. постройте механическую характеристику  $\omega = f(M)$  двигателя.
- По данным табл. 2.2.2. постройте характеристику  $\omega = f(\omega_0)$  двигателя.