

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

для студентов специальности

Методические указания по выполнению лабораторных работ

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД



Кафедра электроснабжения

(ЮЗЛУ)

«Юго-Западный государственный университет»

днем высшего образования

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Составитель А.С. Чернышев, А.О. Гладышкин

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электро-  
снабжение» *В.Н. Алабьев*

**Электрический привод:** методические указания по выпол-  
нению лабораторных работ для студентов специальности 13.02.07  
Электроснабжение (по отраслям) / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.С.  
Чернышев. Курск, 2017. . 47 с.: ил. 7, табл. 8, библиогр.: с.47.

Содержат сведения по выполнению лабораторных работ по  
дисциплине «Электрический привод».

Методические указания соответствуют требованиям про-  
граммы для направления подготовки 13.02.07 Электроснабжение  
(по отраслям). Предназначены для студентов всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции  
Подписано в печать 15.12.17. Формат 60x84/16.

Усл.печ.л. 2,73. Уч.-изд.л. 2,47. Тираж 100 экз. Заказ 282 Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

определяется методическими указаниями к лабораторным работам.

• Лораторк выполнення лабораторных работ и отчетности по ним писания.

ную работу, выполняет ее на подготовительном занятии, сверх учебного рас-

• Студент, не выполнившие по той или иной причине лаборатор-  
задачу проводимого эксперимента.

• Студент, допущенный к работе, должен ясно представлять себе  
привода и приступает к выполнению работы.

• Бригада получает у лаборанта необходимые приборы, аппараты,  
нению лабораторной работы.

• Преподаватель проверяет подготовленность студентов к выпол-  
нения в каждой.

Перед началом работ вся группа разбирается на бригады по 3-6 чело-  
• - подготовить черновик отчета представляющей работы.

• - выполнить необходимые расчеты (если это представлятельно тре-  
буется);

• - изучить схему соединения установок и последовательность вы-  
полнения всех операций;

• - выяснить цели и задачи, поставленные в работе;

• - изучить теоретический материал, относящийся к работе;

• - ознакомиться с содержанием работы;

Перед выполнением каждой лабораторной работы студент должен:  
ности).

• - ознакомиться с содержанием работы (контрольном листе инструктажа по технике безопас-  
ности. Ознакомление с ними оформляется распиской студента в соответ-  
ствующем разделе по правилам работы в лаборатории и правилам техники безо-  
ветствующий раздел курса дисциплины: «Электрический привод» и принст-  
к работе в лаборатории допускаются студенты, прослушавшие соот-

**Правила работы студентов в лаборатории.**

- При выполнении лабораторных работ студент должен строго соблюдать правила работы в лаборатории и правила техники безопасности, а также бережно относиться к оборудованию. Указанная преподавателем и иным женом подлежит неукоснительному исполнению.
- Студентам при проведении работ запрещается без разрешения преподавателя отлучаться из лаборатории, переходить от стола к столу, переносить приборы и аппараты с соседних пультов и стенов, разрезать провода и производить какие-либо переделки в машинах, аппаратах и приборах.
- По окончании работы студент обязан отключить установку, создать прибор, аппараты и провода в исправном состоянии инженеру и приставить рабочее место в надлежащий порядок.
- Указанная к проведению и оформлению работ.
- Перед началом занятий в лаборатории студент изучает руководство по проведению намеченной работы и соответствующую литературу.
- Необходимо ознакомиться с устройством и паспортными данными испытательной машины, проверить соответствие прибор и аппаратуры паспортным данным и записать эти данные в рабочую тетрадь.
- Приборы и аппараты подбирают по паспортным данным машины в зависимости от их характеристик, которые будут сниматься.
- Сборку схему производят в следующем порядке. Сначала собирают главную токовую цепь, затем в соответствующих местах присоединяют параллельные цепи (обмотки параллельного возбуждения, цепи вольтметра и т.д.).
- Законная сборка схемы, проверяют ее правильность, приращают от преподавателя или лаборанта для окончательной проверки и получают на разрешение на включение схемы под напряжением.
- Категорически запрещается включать схему после сборки ее или каких-либо переключений в ней без проверки и разрешения преподавателя.

работать в широкой безопасности, в расстеленной куртке, в платках или шарфиках с боитуполными концами.

2. При выполнении работ с вращениями машинами запрещается этим тяжелые травмы, а в некоторых случаях и смерть человека.

1. Каждый работник в лаборатории должен ясно себе представлять, что несоблюдение правил техники безопасности при работе с электроустановками может привести к поражению электрическим током, вызываю-

### Правила техники безопасности

назначаются на листы отчета в соответствии с текстом. Прямых величин в угловых масштабах и их размерность. Чертежи и графики терных пропарках. По осям координат наносит равномерные шкалы измерительной бумаги по линейке и лекалу или строится в специальных компьютерных графиках и кривые вычерчивают на миллиметровой бумаге или

или оформлены с применением компьютерной техники чисто и аккуратно.

10. Отчеты должны быть законченными, выполнены чернилами, реулки и исправления.

признание руководителям неуловительными, возвращаются для представления преподавателю какким студентом в отдельности. Отчеты,

По каждой работе составляется отчет по установленной форме и черновых записей и получения от него разрешения.

Разобрать схему можно лишь после просмотра руководителям болей терпелив и представляются руководителям по окончании работы.

исследований записываются и вычерчиваются какким студентом в своей ра-

Все схемы, таблицы с опытными данными, графики и результаты изучаемой характеристики.

ми. Число точек должно быть достаточным для построения и исследования опыта, чтобы определить ее границы и интервалы между отдельными замерами

техники документируется подробно (без записей) быстро привести. Начав опыт, перед перестройкой отдельных точек любой харак-

3. Запрещается торможение валя выключенной (а тем более включенной) машиной рукой или ногой.
4. Наличие напряжения в цепях следует проверять только с помощью индикатора или вольтметра.
5. Включать собранную схему под напряжение и начинать эксперимент разрешается только после проверки ее преподавателем или инженером.
6. Все переключения в схемах и устранение в них недостатков должны производиться при снятом напряжении.
7. После включения схемы установка под напряжение необходимо проследить за поведением измерительных приборов и в случае ненормальных режимов их работы немедленно отключить схему от источника питания, выявить и устранить в ней недостатки.
8. Запрещается касаться руками изолированных токоведущих частей машин и аппаратов, а также оголенных проводов, находящихся под напряжением.
9. Запрещается размыкать цепи возбуждения машин постоянного тока, находящиеся в рабочем состоянии, вторичные обмотки трансформаторов тока, когда по первичным протекает ток.
10. При повреждении изоляции проводов их следует немедленно заменить, а при повреждении изоляции прибора машины или аппарата участка необходимо немедленно их отключить и о повреждении сообщить преподавателю.
11. При испытании приборов запрещается стоять против муфт, соединяющих электрические машины.
12. На рабочем месте не должны находиться посторонние предметы; книга, инструменты, сумка, лишние приборы, провода, детали и т.п.
13. Следует соблюдать осторожность при измерении скорости машин ручными тахеотрами.

14. По окончании работы напряжение с пультя управления можно снять.
15. Для освобождения находящегося под током необходимо быстро отключить установку (снять напряжение). Если этого быстро сделать нельзя, пострадавшего освобождают от тока, перерезав провода (кабель) инструментом с изолирующей рукояткой.
16. Все работающие в лаборатории должны знать местонахождение аптечки с медикаментами и защитными средствами, необходимыми для оказания первой помощи, а также кнопку аварийного отключения напряжения постоянного тока.
17. При возникновении пожара немедленно сообщить об этом преподавателю или инженеру и приступить к тушению средствами, имеющимися в лаборатории. Напряжение с электростановок при этом должно быть немедленно снято.

Лабораторная работа № 1 Исследование статических характеристик электропривода постоянного тока с двигателем независимого возбуждения

Цель работы: экспериментальное исследование статических характеристик электропривода с двигателем независимого возбуждения в двигательном и тормозных режимах работы.

#### План работы

1. Ознакомиться с электрооборудованием лабораторного стенда, выбрать требуемые электрические машины и приборы, записать в рабочую тетрадь паспортные данные потребителей. Номер выбраных машин и приборов проставить на схеме в рабочей тетради. Собрать схему для выполнения работы (рис. 1.2).

2. Запустить схему установки.

3. Снять электрохимические  $\omega(I_a)$  характеристики привода в двигательном и тормозных режимах работы;

4. а) естественно;

5. б) реостатную при наличии в цепи якоря машины  $R_{я1} = R_{я2}$ ;

6. в) реостатную при наличии в цепи якоря машины М1 добавочного сопротивления  $R_{д2} > R_{я1}$  с получением режима противовключения;

7. г) при ослабленном магнитном потоке испытуемого двигателя для М1, когда  $I_a < I_{а1}$ ;

8. д) две характеристики в режиме динамического торможения при  $R_{я1} = R_{я2}$  и  $R_{я2} > R_{я1}$ ;

9. На каждой характеристике снимать 5–6 экспериментальных точек.

10. Обработать результаты эксперимента, оформить и защитить отчет.



1. Включенные схемы установаки в работу. На собранную схему, напряжение 220 В и 380 В подается, только после окончательной проверки, напряжение или инженером. Обнаруженные переключения или переделки в ней без проверки и разрешения преподавателя или лаборанта.

### Порядок выполнения работы

качестве которых используется стеновый блок мультиметров (508.2).

постоянного тока должны быть включены амперметр (А) и вольтметр (V), в

В цепи обмотки возбуждения и в якорную цепь испытуемого двигателя (гнезда  $F_1, F_2, F_3$ ) должна быть замкнута накоротко.

быть соединены в звезду. Обмотка ротора асинхронной машины

горы G3. Концы обмотки статора машины M2 (гнезда  $U_2, V_2, W_2$ ) должны

ка M2, через гнезда  $U_1, V_1, W_1$ , подсоединена к выходу преобразователя час-

через резистор R1 и амперметр. Обмотка статора машины переменного то-

выходу "якоря" этого источника присоединена обмотка якоря двигателя M1,

независимым возбуждением, присоединена через резистор R2 и амперметр к

тупого двигателя (ИД) постоянного тока M1, используемой как двигатель с

В схеме лабораторной установаки (рис. 1.1) обмотка возбуждения испы-

Описание электрической схемы установаки.



ны М1 напряжение 220 В, при этом стрелка указателя частоты вращения

3. Вращая рукоятку источника G2, установить на шкале машин-  
ка G2.

2. Включить выключатель "Сеть" и нажать кнопку "Вкл" источни-  
должны сигнализировать светящиеся лампочки.

1. Включить источник G1. О наличии напряжения на его входе  
Для снятия естественной характеристики необходимо:

меньше момента  $M_{ITT}$ .

жиге противовключения, так как ее момент при напряжении  $U_1 \ll U_n$  будет

частоты G3, будет создавать тормозной момент на валу МПТ, работа в ре-  
рис 1.1 вариант 1), асинхронная машина M2, запитанная от преобразователя

туемой машины М1. При снятии постоянного тока (МПТ) в установившемся режиме работы (см.

тумой машины М1. При снятии электромеханических характеристик испы-

жем регулировать момент, в следовательно изменять нагрузку на валу испы-

мого напряжения  $U_1$ , поэтому при помощи изменения напряжения мы мо-

Момент асинхронной машины M2 пропорционален квадрату подводим-

2.1 Двигательный режим работы привода.

обходимое увеличивать в 10 раз.

казания последнего, для получения скорости вращения вала  $M_1$  (об/мин) не-

ленные в схеме и показана указателя частоты вращения, учитывая, что по-

При выполнении работы снимать показания всех приборов, установ-

янного тока с двигателем независимо от возбуждения.

2. Методика снятия статических характеристик электродвижителя пост-

пряжения на асинхронной машине M2.

ты G3 выкрутить против часовой стрелки, что соответствует отсутствию на-

5. Регулировочную рукоятку преобразователя част-

руемом выходе "якорь".

вой стрелки  $U_0$  якоря, что соответствует отсутствию напряжения на регули-

4. Регулировочную рукоятку источника G2 выкрутить против час-



момента сопротивления на валу испытуемого двигателя М1. Та МПТ. Таким образом имитируется, например, сдвиг груза при активном-лическом напряжении (при  $U_{\text{близких}}$  к  $U_n$ ) ее момент станет больше момент-хронная машина М2 передейт в угловатый режим работы, так как с уве-тивнопожном направлении и передейт в режим противоявления. Асин-вися, а затем при дальнейшем увеличении нагрузки начнет вращаться в про-гряки, при помощи машины М2, двигатель М1 будет замедляться и остано-венной характеристике с большой крутизной, на которой при увеличении на-вочное сопротивление  $R_{\text{к2}} > R_{\text{н1}}$  двигатель окажется работающим на искуст-Если в цепь якоря испытуемой машины М1 включить большое доба-момент двигателя производится движению.

ного момента или инерции вращается в противоположную сторону. При этом включен для этого направления вращения, а якорь его под действием внеш-Противоявлением называется такой режим работы, когда двигатель 2.2 Тормозной режим противоявления.

ных точек (см. табл. 1.1).

якоря машины М1 и скорость вращения ее вала. Снять 5-6 эксперименталь-1 - 1.2 А), записывать показания амперметра (А) и вольтметра (В) в цепи вращением ротора преобразователя частоты СЗ (увеличивая ток якоря до 3. Равномерно нарастающая испытываемый двигатель постоянного тока М1,

ния ротора R2 порядка  $0,6 \div 0,8$  от номинального ( $\sim 0,1$  А).

2. Установить ток возбуждения машины М1 изменением сопротивле-номинальным.

пий отсчитано в цепи возбуждения добавочного сопротивления, считая-ления R1 из якорной цепи. Ток возбуждения машины МПТ, соответствующую-грать машину МПТ до скорости порядка 1500 об/мин вывешением сопротив-1. Вывести сопротивление ротора R2 из цепи возбуждения и разо-

ленному магнитному потоку двигателя М1, необходимо:

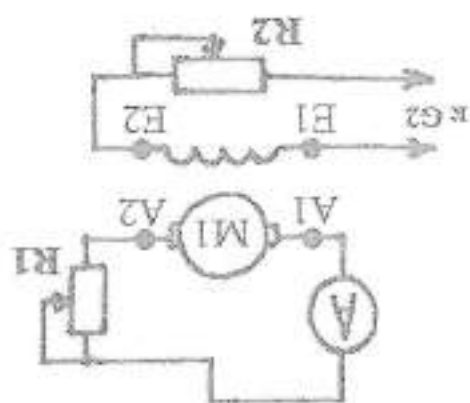
Для снятия исходной характеристики, соответствующей осиаб-

- пуща необходимо:
1. Подать напряжение на обмотку возбуждения и с помощью реостата  $R_2$  установить ток возбуждения  $I_u=0,15A$ .
  2. С помощью реостата  $R_1$  установить тормозное сопротивление  $R_{т1}$ .
  3. Запустить асинхронную машину  $M_2$ , запитанную от преобразователя частоты  $G_3$ .
  4. Увеличивать скорость вращения асинхронной машины  $M_2$ , вращая ручку преобразователя частоты  $G_3$ , снить 5-6 значений тока якоря и со-

После сборки схемы для данного режима работы и последующего ее

жания

Рис. 1.2 Схема включения двигателя в режиме динамического тормо-



(см. рис. 1.3).

реостат  $R_1$ , а обмотка возбуждения остается включенной на напряжение сети на тормозное сопротивление, в качестве которого используется ползунок динамического торможения, обмотка его якоря отключается от сети и замыкается для перевода двигателя независимого возбуждения  $M_1$  в режим дина-

### 2.3 Режим динамического торможения привода.

возном режиме работы.

Во время эксперимента снить всего 6-7 экспериментальных точек (см. табл. 1.1): а) в двигательном режиме работы; б) при скорости  $n=0$ ; в) тор-

стик  $M''(\omega)$  аналитическим и графическим методом;

г) модуль жесткости  $\beta$  всех посредных механических характери-

$$M'' = K \cdot I''; \quad M''' = \frac{P''}{\omega''};$$

( $M'' M'''$ );

в) номинальные электромагнитный и момент на валу двигателя

где  $\omega''$  – коэффициент ЭДС двигателя;

$$K = \frac{U''}{I'' \cdot R''}$$

б) скорость и углового холостого хода  $\omega_0 = \frac{K}{U''}$ ;

в) сопротивление якорной цепи двигателя  $R'' \approx 0,5 R'' (1 - \eta'')$ ;

2. Для испытуемой машины М1 расчитать параметры:

коэффициент ЭДС двигателя М1 при номинальном потоке  $\Phi_n$  (В·с);

где  $I''$  – ток якоря испытуемой машины М1 (А),  $K$  – коэффи-

$$M' = K \cdot I'' (H \cdot m);$$

2. текущий электромагнитный момент;

где  $n_1$  – текущая скорость вращения машин М1–М2 (об/мин);

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n_1}{60} = \frac{9,55}{n_1} = 0,105 \cdot n_1 \quad (1/c);$$

1. текущую угловую скорость вращения;

обходимо расчитать и ввести в таблицу следующие параметры:

характеристик электропривода с указанием независимого возбуждения не-

1. Для построения статических электромеханических и механических

Обработка результатов эксперимента

в п. пункт №4

6. Снять характеристику с тормозным сопротивлением  $R_{т2}$ , посто-

тормозное сопротивление  $R_{т2}$ ).

5. Увеличить добавочное сопротивление реостатом  $R_1$  (установить

1.1).

ответствующих им скоростей вращения испытуемой машины М1 (см. табл.

$$\Delta P_{\text{об}} = I_{\text{с}}^2 \cdot R_{\text{об}} = U_{\text{об}} \cdot I_{\text{об}}$$

Номинальные потери на возбуждение двигателя:

$$V_{\text{н}} = I_{\text{с}}^2 \cdot R_{\text{н}}$$

Номинальные переменные потери мощности:

$$\Delta P_{\text{н}} = \frac{I_{\text{с}}^2}{P_{\text{н}}} (1 - \eta_{\text{н}})$$

Полные номинальные потери мощности:

$$K_{\text{н}} = \Delta P_{\text{н}} + V_{\text{н}}$$

Номинальные постоянные и переменные потери мощности:

и) номинальные постоянные и переменные потери в МД:

$$\text{валу } M_{\text{н}} = 0,8 \cdot M_{\text{н}}$$

$\Delta P_{\text{Rk}}$  на естественной и реостатной характеристике ( $R_{\text{н}} = R_{\text{н}}^{\text{н}}$ ) с нагрузкой на

з) потери мощности в цепи якоря  $\Delta P_{\text{я}}$  и добавочном сопротивлении

$$\text{рестике } (R_{\text{н}} = R_{\text{н}}^{\text{н}}) \text{ с нагрузкой на валу } M_{\text{н}} = 0,8 \cdot M_{\text{н}}$$

ж) КПД привода при работе его на естественной и реостатной характе-

характеристике);

г) характеристика линейного торможения (самостоятельно выбирается точка на

где  $\omega$ ,  $M$ ,  $I$  – скорость, момент и ток якоря при торможении на харак-

$$R_{\text{т}} = \frac{K \cdot \omega}{I} - R_{\text{с}} = \frac{K^2 \omega}{M} - R_{\text{с}}$$

ны МД при работе ее на характеристиках линейного торможения;

е) величина тормозных сопротивлений в якорной цепи машин-

рестике (самостоятельно выбирается точка на характеристике);

где  $\omega$ ,  $M$ ,  $I$  – скорость, момент и ток якоря машины на реостатной ха-

$$R_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}} - K \omega}{I} - R_{\text{с}} = \frac{U_{\text{н}} - K \omega}{I} - R_{\text{с}}$$

машины МД при ее работе на реостатных характеристиках;

д) величина добавочных и тормозных сопротивлений в якорной цепи

$$\beta = \frac{R_{\text{н}}}{\Delta M} \text{ или } \beta = \frac{\Delta \omega}{\Delta M}$$



тишения в цепи якоря ДНВ?

6. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромагнитные (механические) характеристики при изменении углового сопро-

ротивления, какая жесткость по знаку и модулю у ДНВ?

5. Что называется жесткостью статической механической характеристикой (механической) характеристиками ДНВ?

4. Что называется естественной и искусственной электромагнитной характеристикой ДНВ в тормозных режимах работы.

3. Расскажите методику снятия статических электромагнитных характеристик ДНВ в двитательном режиме работы.

2. Расскажите методику снятия статических электромагнитных характеристик ДНВ, основные элементы и принцип работы.

1. Схема лабораторной установки для исследования статических характеристик ДНВ, основные элементы и принцип работы.

6. Расчеты параметров исследуемого электропривода (см. обработка результатов эксперимента).

5. Предварительно рассчитанные по экспериментальным данным и построенные в масштабе в одной (двух) системе координат статические характеристики электромагнитные характеристики  $\omega(f)$ .

4. Построенные по экспериментальным данным в масштабе в одной системе координат статические характеристики электромагнитные характеристики  $\omega(f)$ .

3. Таблица с экспериментальными и расчетными данными (см. табл. 1.1). Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

2. Технические данные используемых электрических машин и приводов, приведенные в табличном виде.

1. Принципиальную электрическую схему лабораторной установки с указанием конкретных номеров используемых электрических машин и приводов.

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

1. Принципиальную электрическую схему лабораторной установки с указанием конкретных номеров используемых электрических машин и приводов.

7. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические (механические) характеристики при изменении напряжения питания двигателя к якору ДНВ.
8. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические и механические характеристики при изменении магнитного потока ДНВ.
9. Как осуществляется реверсирование двигателя независимого возбуждения?
10. Схема включения двигателя, механические характеристики и условия, при которых производится генераторное торможение с рекуперацией энергии в сеть ДНВ.
11. Схема включения двигателя, механические характеристики и условия, при которых производится торможение противовключением ДНВ.
12. Схема включения двигателя, механические характеристики и условия, при которых производится электродинамическое торможение ДНВ.

Описание электрической схемы установки.

В схеме лабораторной установки (рис. 2.1) обмотка возбуждения испытуемой машины постоянного тока  $M_1$ , используемая как двигатель, последо-

чет.

4. Обработать результаты эксперимента, оформить и защитить от-  
На каждой характеристике снимать 7-8 экспериментальных точек.

буждением при  $R_f = R_{f1}$ , и  $R_{f2} > R_{f1}$ ;

г) две характеристики в режиме динамического торможения с самооз-  
протравления  $R_{f2} > R_{f1}$  с получением режима противоявления;

в) характеристику при наличии в цепи якоря машины  $M_1$  добавочного со-  
протравления  $R_{f1} = R_{f2}$ ;

б) характеристику при наличии в цепи якоря машины  $M_1$  добавочного со-  
противления;

гательном и тормозных режимах работы;

3. Снять электрохимические  $\omega(f)$  характеристики привода в лин-  
2. Запустить схему установки.

работы (рис 2.1).

1. Ознакомиться с электрооборудованием лабораторного стенда,  
выбрать требуемые электрические машины и приборы, записать в рабочую  
тетрадь паспортные данные последних. Номера выбранных машин и прибо-  
ров проставить на схеме в рабочей тетради. Составить схему для выполнения

План работы

режимах работы.

двигателем последовательного возбуждения в двигательном и тормозных  
механических  $\omega(f)$  и механических  $\omega(N)$  характеристик электропривода с  
Цель работы: экспериментальное исследование статических электро-

последовательного возбуждения

характеристик электропривода с двигателем постоянного тока  
Лабораторная работа № 2 Исследование статических ха-

вательно возбуждения, соединена последовательно с якорем и через предохранительный амперметр подключена к регулируемому выходу "стат R1 и амперметр подключена к регулируемому выходу" якоря" источника G2.

Обмотка статора машины переменного тока M2, используемой как нагрузочный асинхронный двигатель, работющий с данной схемой включения в режиме противоключения, через гнезда U1, V1, W1, подключена к выходу преобразователя частоты G3. Концы обмотки статора машины M2 (гнезда U2, V2, W2) должны быть соединены в звезду. Обмотка ротора асинхронной машины M2 (гнезда F1, F2, F3) должна быть замкнута накоротко.

В якорную цепь испытуемого двигателя постоянного тока должны быть включены амперметр (A) и вольтметр (V), в качестве которых используются стандартный блок мультиметров (508.2).

Порядок выполнения работы

1. Включение схемы установки в работу. На собранную установку по схеме, напряжение 220 В и 380 В подается, только после окончательной проверки ее работавателем или лаборантом. Обнаруженные работавателем ошибки должны быть устранены. Категорически запрещается включать схему после сборки или каких-либо переключений в ней без проверки и разрешения работавателя или лаборанта.

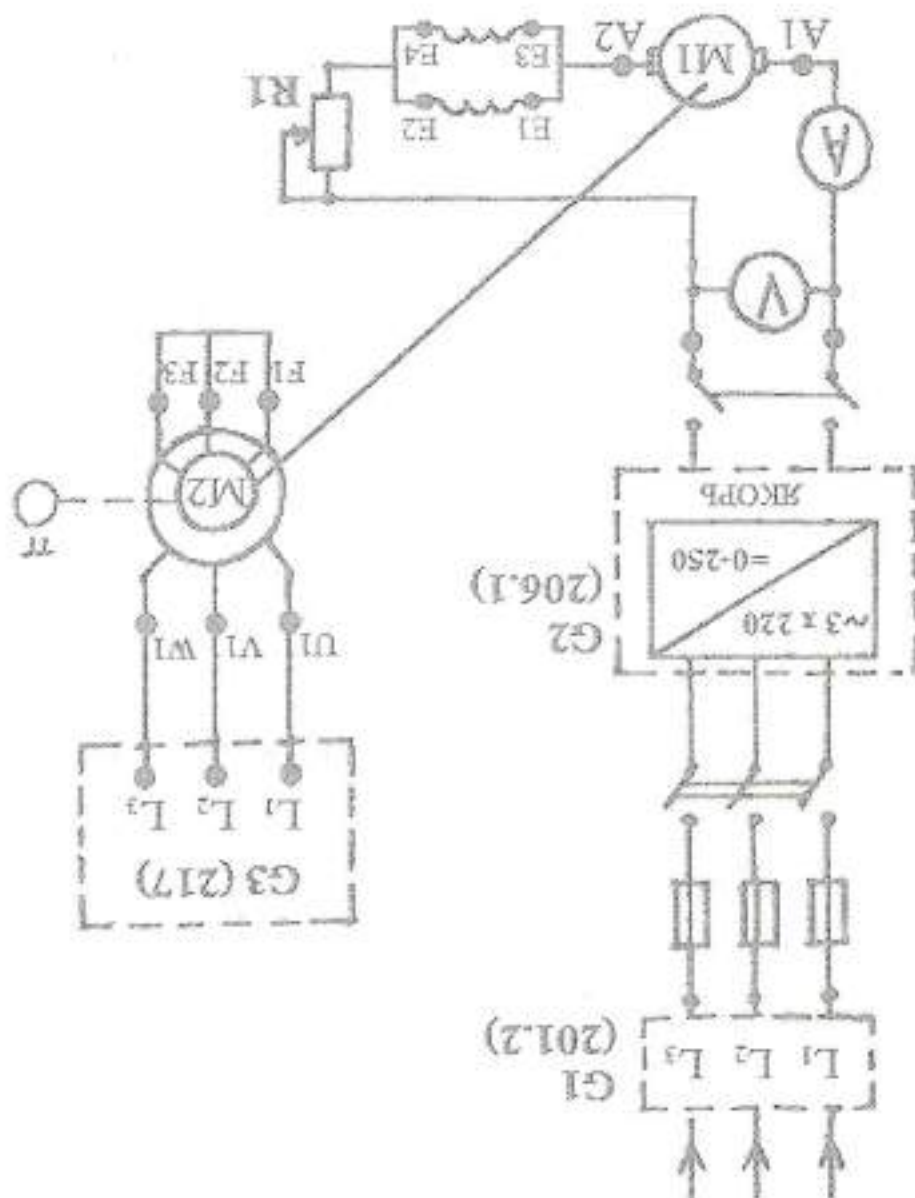
положение "Ручн.":

2. Переключатель режима работы источника G2 установить в "верхнее" положение его ручки на рисунке 2.1.
1. Ползунок реостат R1 в цепи якоря машины M1 должен быть установлен в положение "максимум", чему соответствует крайнее исходное положение перед пуском схемы:

увлажненного возбуждения.

Важная характеристика электродвигателя постоянного тока с удлинителем после-

Рис. 2.1. Принципиальная электрическая схема установки для исследо-



- При снятии естественной характеристики необходимо:
1. Включить источник G1. О наличии напряжения на его входе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
  2. Включить выключатель "Сеть" и нажать кнопку "Вкл" источника G2, установить на якорь машины M1 напряжение 220 В, при этом стрелка указателя частоты вращения
  3. Вращая рукоятку источника G2, установить на якорь машины M1

МТТ.

МТТ, так как ее момент при напряжении  $U_1 \ll U_n$  будет меньше момента создавать тормозной момент на валу МТТ, работая в режиме противовключения асинхронная машина M2, запитанная от преобразователя частоты G3, будет туемой машины постоянного тока (МТТ) в двипольном режиме работы, туемой машины M1. При снятии электромеханических характеристик испы- жем регулировать момент, а следовательно изменять нагрузку на валу испы- мото напряжению  $U_1$ , поэтому при помощи изменения напряжения мы мо- Момент асинхронной машины M2 пропорционален квадрату подводим- 2.1 Двигательный режим работы привода.

обходимо увеличивать в 10 раз.

казания поступает, для получения скорости вращения вала M1 (об/мин) не- ленных в схеме и показания указателя частоты вращения, учитывая, что по- При выполнении работы снимать показания всех приборов, установ- янного тока с двигателяем последовательно возбуждения.

2. Методика снятия статических характеристик электродвиода посто-

пряжения на асинхронной машине M2.

ты G3 выкрутить против часовой стрелки, что соответствует отсутствию на- 4. Регулировочную рукоятку преобразователя частот- тулируемом выходе "якорь".

3. Регулировочную рукоятку источника G2 выкрутить против часовой стрелки до упора, что соответствует отсутствию напряжения на ре-

Уснннн (см. табл. 2.1).

Данные экспериментально зависят в таблицу, аналогичную вышеприве-

н. 2.2).

сопротивления  $R_{\text{кз}} > R_{\text{н}}$  получить тормозной режим при противоположном стальной характеристике при наличии в цепи якоря машины М1 добавочного порядка работы аналогичен снятию естественной характеристики. На ре-  
 стальных величинах в цепи якоря машины М1 добавочных сопротивлений  $R_{\text{к1}}$  и  $R_{\text{к2}}$ ,  
 При снятии искусственных характеристик, соответствую-  
 ны М1 поддерживать постоянным.

При снятии естественной характеристики напряжение на якоре машин-

Мед/п	$U_{\text{н}}, \text{В}$	$I_{\text{н}}, \text{А}$	$n, \text{об/мин}$	$\omega, \text{1/с}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$
	Экспериментальные данные			Расчетные данные	

электромеханических и механических характеристик привода

Таблица 2.1 Экспериментальные и расчетные данные для построения

форма которой приведена ниже (см. табл. 2.1).

Все экспериментальные данные занести в таблицу, рекомендуемая

таблицы точек.

цепи якоря машины М1 и скорость вращения ее вала. Снять 7–8 эксперимен-  
 тальных точек (А) и вольтметра (В) в якоря до 1 - 1,2 А), записывать показания амперметра (А) и вольтметра (В) в  
 ка М1, вращением рукоятки преобразователя частоты Г3 (увеличивая ток  
 преобразователя частоты Г3.

5. Включить выключатель "Сеть" и нажать кнопку "Назад" на

4. Вывести пусковое сопротивление R1 из цепи якоря.

ного тока М1.

(506.2) должна показывать прямое направление вращения машины постоян-

По завершении эксперимента вернуть регулировочные рукоятки сдвигая  $\gamma$  преобразователя в частоты  $G3$ , а затем  $\gamma$  источника  $G2$  против часовой стрелки до упора, нажать кнопку "Откл" и отключить выключатель "Сеть" на всех используемых блоках. Отключить источник  $G1$  нажатием на кнопку-рпб.

## 2.2 Тормозной режим противоключения.

Противоключением называется такой режим работы, когда двигатель включен для одного направления вращения, а якорь его под действием внешнего момента или инерции вращается в противоположную сторону. При этом момент двигателя противодействует движению.

Если в цепь якоря испытуемой машины  $M1$  включить большее loads-ное сопротивление  $R_{\Sigma} > R_n$ , двигатель окажется работающим на некоторой характеристике с большой крутизной, на которой при увеличении нагрузки, при помощи машины  $M2$ , двигатель  $M1$  будет замедляться и остановится, а затем при дальнейшем увеличении нагрузки начнет вращаться в противоположном направлении и перейдет в режим противоключения. Асинхронная машина  $M2$  перейдет в двигательный режим работы, так как с увеличением напряжения (при  $U_1$  близких к  $U_n$ ) ее момент станет больше момента сопротивления на валу испытуемого двигателя  $M1$ .

Во время эксперимента снять всего 7-8 экспериментальных точек (см. табл. 2.1): а) в двигательном режиме работы; б) при скорости  $n = 0$ ; в) тормозном режиме работы.

## 2.3 Режим динамического торможения с самовозбуждением.

Для перевода двигателя после окончания возбуждения  $M1$  в режим динамического торможения с самовозбуждением, обмотка якоря вместе с обмоткой возбуждения отключаются от сети и замыкаются на тормозное сопротивление, в качестве которого используется подлинковый резистор  $R1$  (рис. 2.2).



соответствующих им скоростей вращения испытуемой машины М1.

правая ручка преобразователя частоты G3 и снить 5-6 значений тока якоря и

3. Увеличивать скорость вращения асинхронной машины М2,

завести частоты.

2. Запустить асинхронную машину М2, запитанную от преоб-

разителя частоты.

1. С помощью реостата R1 установить тормозное сопротивле-

ние R<sub>т</sub>.

После сборки схемы для данного режима работы и подключения ее

$$\text{сопротивления тормозного контура, т.е. } E > I_a \cdot (R_a + R_t + R_r).$$

тока  $\Phi$  и скоростью вращения должна быть больше падения напряжения в

двигателе и возникло условие: ЭДС якоря, определяемая величиной

Кроме того, чтобы возбуждение возникло, скорость двигателя должна быть

должны сонаправлены (см. рис. 2.2). Иначе самовозбуждения не произойдет.

целому тормозному, т.е. направление тока в якоре и обмотке возбуждения

ток в последней имел такое же направление, что и в режиме, протектвую-

ключить полярность якоря или обмотки возбуждения таким образом, чтобы

жма в тормозной необходимо во избежание размагничивания машины пере-

личию тока. Это значит, что при переводе машины из двигателяного ре-

магнитный поток, а следовательно, и ЭДС что приводит к дальнейшему уве-

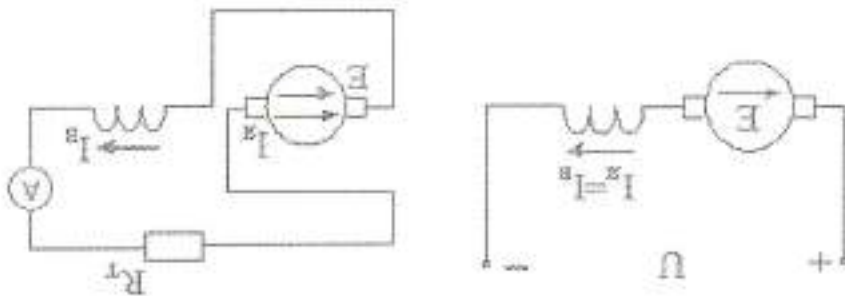
вместе с сопротивлением цепи якоря, ток, созданный наведенной ЭДС, усилит

вильном соединении обмотки якоря и обмотки возбуждения и соответст-

В якоре от остаточного магнетизма будет наводиться ЭДС. При пра-

жения с самовозбуждением.

Рис. 2.2 Схема включения двигателя в режиме динамического тормо-



Используя экспериментально полученные значения тока якоря  $I_{я}$  по кривой намагничивания находим соответствующий ток  $\Phi(I_{я})$ . Текущий

$$C^2 \Phi(I_{я}) = C^2 \Phi_{н} = \frac{\omega_{н}}{U_{н} - I_{я} R_{я}} = \Phi_{н} = \frac{C^2}{C^2 \Phi_{н}}$$

получим формулам:

Номинальный магнитный поток ДПТ, необходимо рассчитать по сле-

$$\text{Здесь: } I = I_{н} / I_{н} \quad \phi = \Phi / \Phi_{н} \quad I_{н} = I_{н}$$

$\phi, \text{ o.c.}$	0.4	0.65	0.85	0.95	1.0	1.05	1.1	1.15	1.2
$I, \text{ o.c.}$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8

Таблица 2.2. Универсальная кривая намагничивания ДПТ

### 3.

ваная двигателя последовательного возбуждения в относительных единицах. магнитная ДПТ. В табл. 2.2 приведена универсальная кривая намагничивания двигателя с использованием универсальной кривой намагничивания ДПТ. В табл. 2.2 приведена универсальная кривая намагничивания двигателя с использованием универсальной кривой намагничивания ДПТ. В табл. 2.2 приведена универсальная кривая намагничивания двигателя с использованием универсальной кривой намагничивания ДПТ.

где  $n_1$  – текущая скорость вращения машин М1-М2 (об/мин);

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n_1}{60} = 0.105 \cdot n_1 \quad (1/c),$$

1. текущую угловую скорость вращения;

необходимо рассчитать и ввести в таблицу следующие параметры:

1. Для построения статических электропривода с двигателем последовательного возбуждения

Обработка результатов эксперимента

второй пункт №3

5. Снять характеристику с тормозным сопротивлением  $R_2$ , по-

том R1 (установить тормозное сопротивление  $R_2$ ).

4. Увеличить добавочное сопротивление

характеристики динамического торможения (зависят от частоты  $\omega$  и  $I$ ) –  
 где  $\omega$ ,  $M$ ,  $I$  – скорость, момент и ток якоря при торможении на харак-

$$R_r = \frac{E}{I} - R_{sc} \quad \text{где } E = C_e \Phi(I) \cdot \omega, \quad C_e \Phi(I) = \frac{U_n - I \cdot R_{sc}}{\omega}$$

можения с самовозбуждением:

е) величина тормозных сопротивлений в режиме динамического тор-  
 мот.  $R_n$

получая в формулу значения скорости  $\omega$ , скорости  $\omega_n$  и тока  $I$ , нахо-  
 дятся ток  $I$  по естественной характеристике находится  $\omega$ ,  
 (зависят от частоты).

где  $\omega$ ,  $I$  – скорость и ток якоря машины на остаточной характе-

$$R_n = \left[ \frac{U_n}{I} - R_{sc} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{\omega}{\omega_n} \right]$$

машины  $M1$  при работе ее на остаточных характеристиках:

д) величина добавочных и тормозных сопротивлений в якорной цепи

$$\text{ки: } M = M_{im}; M = 0,7 \cdot M_{im}; M = 0,3 \cdot M_{im}$$

( $R_n = R_{sc}$ ) для трех линейных участков характеристик

г) модуль жесткости  $\beta$  на естественной и остаточной характеристике

$$(M_{im}, M_{na});$$

в) номинальные электромеханический и момент на валу двигателя

$$R_n \approx 0,5 \frac{U_n}{I_n} (1 - \eta_n), \quad R_{om} \approx 0,5 R_n;$$

б) примерные значения сопротивлений  $R_n$  и  $R_{om}$ :

$$R_{om} \approx 0,75 \frac{U_n}{I_n} (1 - \eta_n) = R_n + R_{om};$$

а) суммарное сопротивление якорной цепи машины  $R_{\Sigma}$ ;

2. Для испытуемой машины  $M1$  рассчитать параметры:

$$M' = C_e \Phi(I_m) \cdot I_m$$

электромеханический момент определяется по формуле:

механические характеристики  $\omega(M)$ .

построенные в масштабе в одной (иной) системе координат статические

5. Предварительно рассчитанные по экспериментальным данным и

системе координат статические электромагнитные характеристики  $\omega(I^n)$ .

4. Построенные по экспериментальным данным в масштабе в одной

табл. 2.2). Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными (см.

батов, приведенные в табличном виде.

2. Технические данные используемых электрических машин и при-

боров.

с указанием конкретных номеров используемых электрических машин и

1. Принципиальную электрическую схему лабораторной установки

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

Оформление отчета о лабораторной работе

$$V_n = I_n^2 \cdot R_{\text{вз}}$$

Номинальные переменные потери мощности:

$$\Delta P_n = \frac{P_n}{\eta_n} (1 - \eta_n)$$

Полные номинальные потери мощности:

$$K_n = \Delta P_n - V_n$$

Номинальные постоянные и переменные потери мощности:

и) номинальные постоянные и переменные потери в МД:

$$\text{трязкой на валу } M_n = 0,7 \cdot M_n$$

твления  $\Delta P_{\text{вк}}$  на естественной и реостатной характеристике ( $R_n = R_n^1$ ) с на-

з) потери мощности в испытуемом двигателе  $\Delta P_n$  и добавочном сопро-

$$\text{ристите } (R_n = R_n^1) \text{ с нагрузкой на валу } M_n = 0,7 \cdot M_n$$

ж) КИД привода при работе его на естественной и реостатной характе-

стике при токе  $I_n$ ;

скорость вращения вала испытуемого двигателя на естественной характе-

6. Рачеты параметров исследуемого электропривода (см. обработка результатов эксперимента).
- Контрольные вопросы
1. Схема лабораторной установки для исследования статических характеристик ДПВ, основные элементы и принцип работы.
  2. Расскажите методику снятия статических характеристик ДПВ в угнетенном режиме работы.
  3. Расскажите методику снятия статических характеристик ДПВ в тормозных режимах работы.
  4. Что называется естественной и искусственной электромеханической и механической жесткостью статорной цепи якоря?
  5. Что называется жесткостью статорной цепи якоря? Какими характеристиками, какой жесткостью по знаку и модулю у ДПВ?
  6. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические и механические характеристики ДПВ при изменении напряжения в цепи якоря?
  7. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические и механические характеристики ДПВ при изменении напряжения в цепи якоря.
  8. Как осуществляется версионирование данных при исследовании привода?
  9. Схема, механические характеристики и условия, при которых производится торможение противовключением ДПВ.
  10. Схема, механические характеристики и условия, при которых производится электроинерционное торможение ДПВ с самовозбуждением.
  11. Схема, механические характеристики и условия, при которых производится электроинерционное торможение ДПВ с независимым возбуждением.

- 4)  $I_r = I_{r2} > I_{r1}, R_r = R_{r1};$   
 3)  $I_r = I_{r1}, R_r = R_{r1};$   
 2)  $I_r = I_{r2} > I_{r1}, R_r = 0;$   
 1)  $I_r = I_{r1}, R_r = 0;$

визуальным возмущением (см. рис 3.1) получаемые при условиях:

- г) четыре характеристики в режиме динамического торможения с независимым возмущением  $R_{r2} > R_{r1}$  с получением режима противоявления; в) реостатную при наличии в цепи ротора машины М1 добавочного сопротивления  $R_r = R_{r1}$ ; противоявления; в) реостатную при наличии в цепи ротора машины М1 добавочного сопротивления; в) естественную; независимым возмущением;

механические характеристики  $\omega(N)$  в режиме динамического торможения с гальваном режимом и режиме противоявления, а также снять и расчитать Снять электрохарактеристики  $\omega(I_r)$  характеристики привода в два 2. Заполнить схему установки. 3. Работа (рис 3.1).

План работы  
 1. Ознакомиться с электрооборудованием лабораторного стенда, выбрать требуемые электрические машины и приборы, записать в рабочую тетрадь паспортные данные полученных. Номера выбранных машин и приборов проставить на схеме в рабочей тетради. Собрать схему для выполнения

фазным ротором в двитательном и тормозных режимах работы.  
 Цель работы: экспериментальное исследование статических электро-механических и механических характеристик электропривода переменного тока, выполненного на базе трехфазного асинхронного электропривода с

характеристик электропривода с трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором  
 Лабораторная работа № 3 Исследование статических ха-

где  $I_a, K_a$  – постоянный ток, протекающий по двум фазам обмотки статора  $M_1$  (ток возбуждения) и тормозное сопротивление в его роторной цепи (рис. 3.3). Указанные параметры задаются преподавателем (ориентировочные значения тока возбуждения 0,4–0,8 А).

На каждой характеристистике снимать 7–8 экспериментальных точек.

4. Обработать результаты эксперимента, оформить и защитить отчет.

част.

Описание электрической схемы установки.

Фазы обмотки ротора машины переменного тока, используемой как трехфазный асинхронный двигатель  $M_1$  с фазным ротором, через гнезда  $F_1, F_2, F_3$  присоединены к специализированному стендовому деостату для цепи ротора машины переменного тока  $R_1$  (307.1).

Обмотка статора двигателя  $M_1$  (гнезда  $U_1, V_1, W_1$ ) через трехполюсный выключатель (301.1) и трехфазную трансформаторную группу (347.1) присоединена к выходу трехфазного источника питания  $G_1$ . Концы обмотки статора (гнезда  $U_2, V_2, W_2$ ) должны быть соединены в звезду.

Обмотка возбуждения машины постоянного тока  $M_2$ , используемой как напряженный генератор независимого возбуждения, присоединена к перемычке выходу "возбуждение" источника питания машины постоянного тока  $G_2$ , который в свою очередь получает питание от трехфазного источника  $G_1$ . Якорная цепь генератора  $M_2$  присоединена к активной нагрузке (306.1).

В цепь якоря генератора  $M_2$  и в цепь фазы двигателя  $M_1$  включены амперметры (А) и вольтметр (В). В цепь статора двигателя  $M_1$  включены измерители активной и реактивной мощности (507.2).

Исходное положение перед пуском схемы:

шнунг предохранителя или инженера.

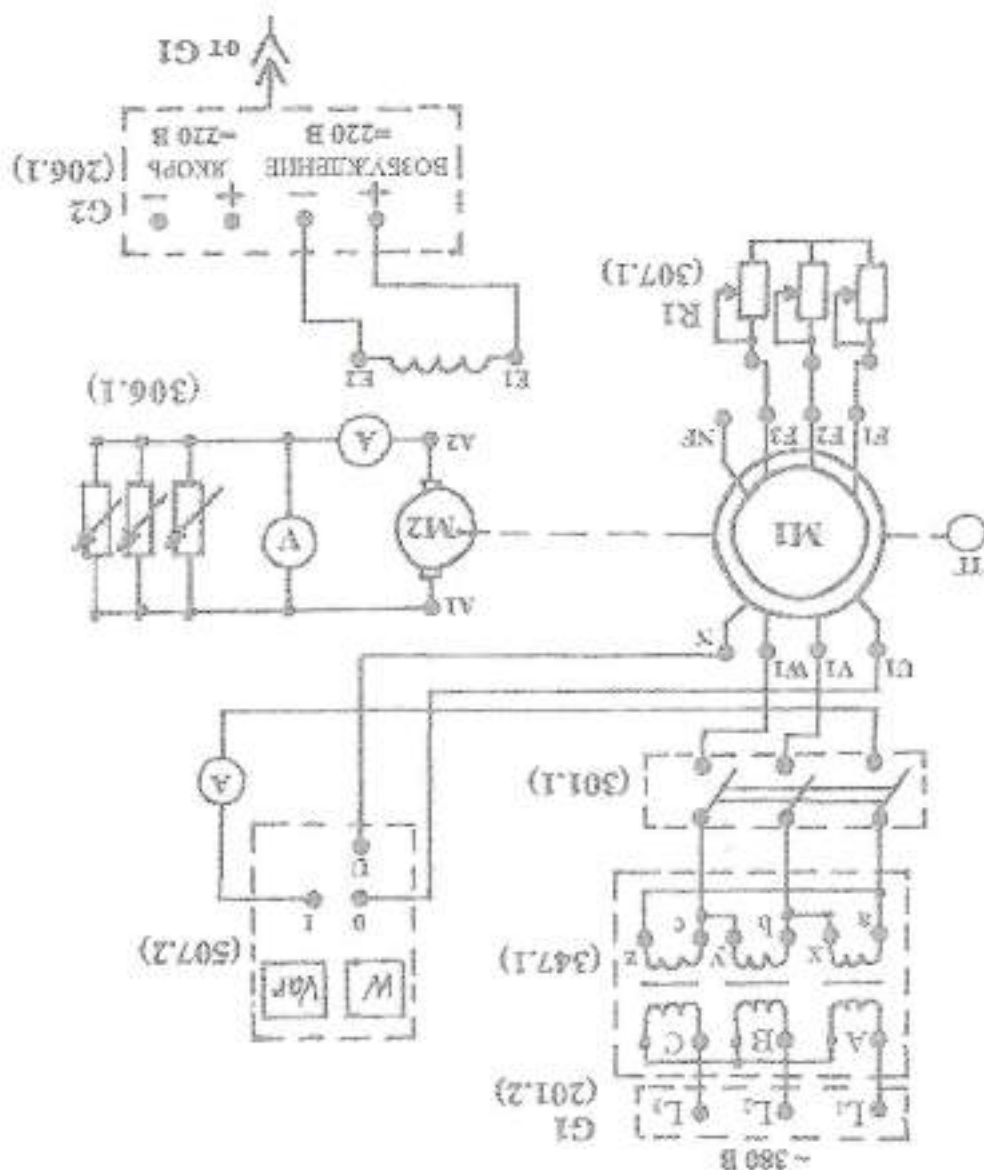
му после сборки или каких-либо переконечий в ней без проверки и проверки  
ошибки должны быть устранены. Категорически запрещается вносить схе-  
мы с предохранителем или лабораторным. Обнаруженные предохранители  
схему, напряжение 220 В и 380 В подается, только после окончательной про-  
1. Включение схемы установа в работу. На собранную студентами

Порядок выполнения работы

хроничем двигателя с фазным ротором

наши характеристики электропривода переменного тока с трехфазным асин-

Рис. 3.1. Принципиальная электрическая схема установки для исследо-





второй цепи.

2. Осуществить пуск двигателя М1 включением трехполюсного выключателя (301.1) и разогнать его путем выведенной сопротивляющей R1 из

1. Включить источник G1, о наличии напряжения на его входе должны сигнализировать светящиеся лампы.

необходимо:

Для снятия естественной электромагнитной характеристики  $\omega(f_1)$

2.1 Двигательный режим работы привода.

обходимо увеличивать в 10 раз.

казания последнего, для получения скорости вращения вала ИД (об/мин) не-  
ленивых в схеме и показания указателя частоты вращения, учитывая, что по-  
При выполнении работы снимать показания всех приборов, установ-

менного тока с трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором.

2. Методика снятия статических характеристик электропривода пере-

\* вторичное 220В.

\* первичное 220В;

номинальные напряжения трансформаторов:

5. Переключателями в блоке трансформаторов (347.1) установить

(0%) на генераторе М2.

против часовой стрелки до упора, что соответствует отсутствию нагрузки

4. Регулировочные ручки активной нагрузки (306.1) повернуть

лирическом выходе "акор".

соной стрелки до упора, что соответствует отсутствию напряжения на регу-

3. Регулировочную ручку источника G2 выкрутить против ча-

ложение "ручн".

2. Переключатель режима работы источника G2 установить в по-

"верхнее" положение его ручки на рисунке 3.1.

быть установлен в положение "максимум", чему соответствует крайнее

1. Ресист в цепи ротора машины переменного тока R1 должен

ЭДС наводимая во вращающемся роторе и ток в роторе будут весьма малы-  
 чительный магнитный поток от остаточного намагничивания стали статора.  
 При отключении обмотки статора  $V_{II}$  от сети, сохраняется лишь незначительная  
 2.2 Режим динамического торможения с независимым возбуждением.

точник G1 нажатием на кнопку-триб.  
 кнопку выключателя "Сеть" на всех используемых блоках. Отключить ис-  
 точника G2 против часовой стрелки до упора, нажать кнопку "Откл" и от-  
 По завершении экспериментов повернуть регуляровочные рукоятки ис-  
 порядок работы аналогичен снятию естественной характеристики.

при введении в цепь ротора машины M1 добавочных сопротивлений  $R_{k1}$  и  $R_{k2}$ ,  
 При снятии искусственных роторных характеристик, соответствую-

№ п/п	$I_s$	$U_s$	$I_a$	$P$	$\bar{\sigma}$	$n$	об/мин	$1/c$	$\omega$	Расчетные данные		
										$S$	$M_s$	$\cos \varphi_2$
AA	BB	AA	Bt	Bap								

воля.

ния электромеханических и механических характеристик асинхронного при-  
 Таблица № 3.1 Экспериментальные и расчетные данные для построе-

форма которой приведена ниже (см. табл. 3.1).

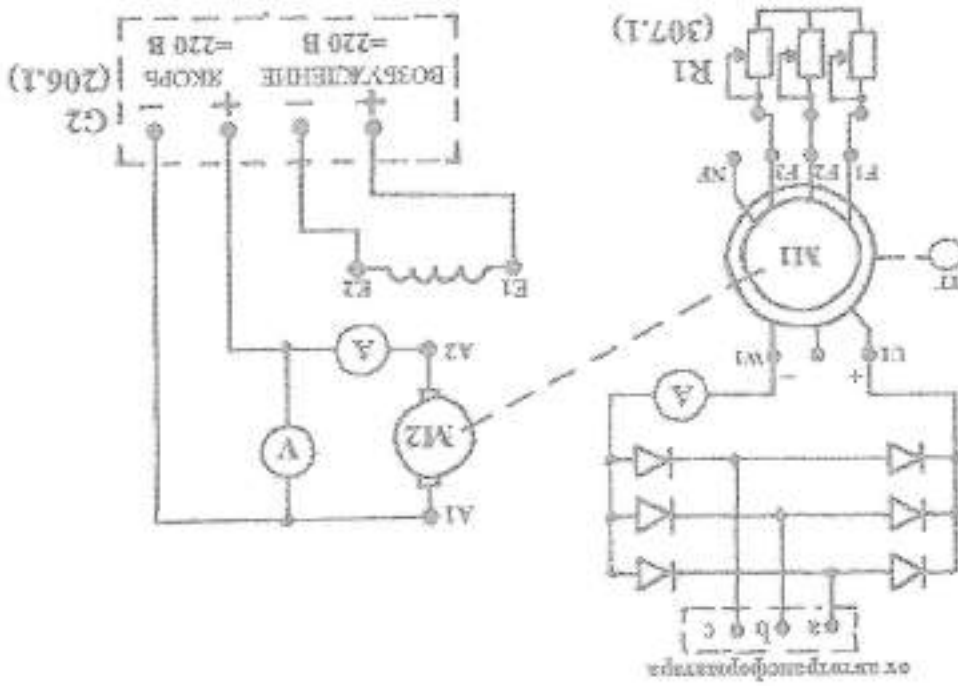
Все экспериментальные данные занести в таблицу, рекомендуемая  
 электропривода. Снять 6-7 экспериментальных точек.

ра машины M2, показания ваттметра ( $W$ ,  $V_{ar}$ ) и скорость вращения вала  
 тора асинхронной машины M1, амперметра (A) и вольтметра (V) в цепи яко-  
 машины M2 с шагом 20%, записывать показания амперметра (A) в цепи ста-  
 тель M1 при помощи уменьшения сопротивления активной нагрузки на якоре

4. Равномерно нагружая испытываемый асинхронный двига-  
 ника G2.  
 3. Включить выключатель "Сеть" и нажать кнопку "Вкл" источ-

В качестве сопротивлений  $R_1$  используются специальные стеновые резисторы для цепи ротора машины переменного тока.

Рис. 3.2. Схема включения асинхронного двигателя в режиме динамического торможения с независимым возбуждением



ной скорости.

Этот ток создает неподвижный в пространстве магнитный поток, который при вращении ротора наводит в последнем ЭДС. Под действием ЭДС в обмотках ротора течет ток, от взаимодействия которого с неподвижным потоком возникает тормозной момент. Двигатель превращается в синхронный генератор с независимым возбуждением, работающий при перемен-

3.2).

ти трехфазного тока и подключаются к источнику постоянного тока (см. рис. 3.2). Для перевода асинхронного двигателя  $M_1$  в режим динамического торможения с независимым возбуждением обмотки статора отключаются от сети. Для этого необходимо создать намагнивающий магнитный поток статора.

Потому для получения тормозного момента необходимо не может создать сколько-нибудь значительного электромагнитного момента. Взаимодействие тока ротора с потоком от остаточного намагничивания

1. Текущую угловую скорость вращения:

таблицы и ввести в таблицу следующие параметры и характеристики:

Для испытуемого электродвигателя с синхронным управлением расчи-

Обработка результатов эксперимента

№	$U^*, В$	$I^*, А$	$n, об/мин$	$\omega, 1/с$	$M, Н·м$
п/п					
	Экспериментальные данные				Расчетные данные

механических характеристик привода в режиме динамического торможения.

Таблица №3.2 Экспериментальные и расчетные данные для построения

статного тока и напряжения на ее зажимах заносит в таблицу 3.2.

и синхронной машины М1. Снять характеристики при отсутствии в цепи ро-  
тора добавочного сопротивления, при постоянном токе возбуждения 0,4 и 0,6  
А, а также при введении в цепь ротора добавочного сопротивления R1 при  
этих же токах. Показанная указателя числа оборотов, тока якоря машины по-  
меняя напряжение на якорь машины М2 изменят скорость вращения машины М2, а значит  
руководки источника G2, изменение скорости вращения машины М2, а значит  
руководки источника М1. Снять характеристики при отсутствии в цепи ро-

машины подключена к выходу "якорь" этого источника.

Обмотка возбуждения машины постоянного тока М2 должна быть при-  
соединена к выходу "возбуждение" источника G2, а якорная обмотка этой

устанавливается ток возбуждения  $I_1=0,4$  и  $I_1=0,6$  А (рис. 3.3).

постоянного тока должен быть включен амперметр, посредством которого  
лимо подключить через автотрансформатор к источнику питания G1, и цепь  
пример M1 и M1) подается постоянный ток от выпрямителя, который необхо-  
ны M1 отключаются от сети переменного тока, и на две фазы статора (на-  
двигателя с возбуждением постоянным током, обмотки статора маши-  
Для снятия характеристик динамического торможения синхронного

пять,  $\lambda_m = 2$ .

характеристике;  $\lambda_m$  – передаточная способность привода по моменту, при-

чем  $S_k \approx S'' \cdot (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1})$  – критическое скольжение на естественной ха-

$$M \approx 2 \cdot M_{\text{ин}} \cdot \lambda_m \cdot \frac{S_k}{S + S''}$$

стику  $M(\omega)$ , используя упрощенную формулу Кюсса:

6. рассчитать и построить естественную механическую характеристи-

ку при заданном моменте привода (задаётся самостоятельно);

где  $S_p, S''$  – скольжение на реостатной и естественной характеристиках

$$R_2 = R_2' \left[ \frac{S_p}{S''} - 1 \right]$$

работе на реостатных характеристиках:

5. добавочные сопротивления, включенные в цепь ротора  $M$  при

$$M'' \approx 3 \cdot I_m^2 \cdot R_2 \cdot \frac{M_{\text{ин}}}{P_n} = \frac{M_{\text{ин}}}{\omega_n};$$

где  $M_{\text{ин}}, M_{\text{ин}}'$ :

4. номинальные электромагнитный момент и момент на валу двига-

тельного двигателя ЭДС обмотки ротора;

где  $S_{\text{ин}}, I_m''$  – номинальные скольжения и ток обмотки ротора,  $R_2''$  – по-

$$R_2 \approx \frac{E_m \cdot S''}{P_n \cdot S''} \approx \frac{\sqrt{3} \cdot I_m'' \cdot 3 \cdot I_m'' \cdot (1 - S'')}{P_n \cdot S''}$$

3. сопротивление роторной цепи  $R_2$ :

$$M = \frac{\omega}{(U_n - I_n \cdot R_2) \cdot I_n}$$

характеристики  $M$ , используя для расчёта момента формулу:

2. построить естественную и искусственные механические  $M(\omega)$  ха-

рактеристики  $M$ , используя для расчёта момента формулу:

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n_1}{60} = \frac{9.55}{n_1} = 0.105 \cdot n_1 \quad (1/c),$$

одной системе координат статические механические характеристики  $\omega(M)$ .  
4. Предварительно рассчитанные и построенные в масштабе в номер.

табл. 3.1 и табл. 3.2). Каждая таблица должна иметь название и порядковый  
3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными (см. прибор, приведенные в табличном виде.

2. Технические данные используемых электрических машин и прибор.

ки с указанием конкретных номеров используемых электрических машин и  
1. Принципиальную электрическую схему лабораторной установки.  
Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

Оформление отчета о лабораторной работе

$$M = \frac{\omega}{(U_k - I_k \cdot R_k) \cdot I_k}$$

8. Построить четыре механические характеристики в режиме дина-  
мического торможения с независимым возбуждением (см. рис 3.3) полува-  
ные при условиях: а)  $I_1 = I_{11}, R_1 = 0$ ; б)  $I_1 = I_{12} > I_{11}, R_1 = 0$ ; в)  $I_1 = I_{11}, R_1 = R_{11}$ ;  
г)  $I_1 = I_{12} > I_{11}, R_1 = R_{11}$ . Для расчета момента использовать формулу:

где  $S_{кр1}, S_{кр2}$  – критическое скольжение на роторной и естественной

$$S_{кр} = \frac{R_2}{S_{кр} \cdot (R_2 + R_1)}$$

скольжение на роторных характеристиках.  
7. Для расчета искусственных механических характеристик применить  
приближенный метод расчета, рассчитав предварительно критическое

при включении в цепь ротора добавочных сопротивлений.  
7. рассчитать и построить роторные механические характеристики

механическую характеристику  $M(\omega)$ ;  
0+1, взяв для расчета 7–8 точек. По данным расчета построить естественную  
Для расчета характеристики задаваться скольжением в пределах  $S =$

5. Превратительно расчётные и построенные в масштабе в одной (двух) системе координат статические механические характеристики  $\omega(M)$  в режиме динамического торможения с независимым возбуждением. 6. Расчёты параметров исследуемого электропривода (см. обработка результатов эксперимента).
- Контрольные вопросы
1. Схема лабораторной установки для исследования статических характеристик асинхронного электропривода с трёхфазным асинхронным двигателем с фазным ротором, основные элементы и принцип работы.
2. Расскажите методику снятия статических характеристик асинхронного двигателя в двигательном режиме работы.
3. Расскажите методику снятия статических характеристик асинхронного двигателя в тормозных режимах работы.
4. Что называется естественной и искусственной электромеханической (механической) характеристикой асинхронного двигателя?
5. Что называется жесткостью статической механической характеристик асинхронного двигателя?
6. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические (механические) характеристики асинхронного двигателя при изменении добровольного активного сопротивления в цепи ротора (статора)?
7. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические (механические) характеристики асинхронного двигателя при изменении величины напряжения, подводимого к статору.
8. Нарисуйте и поясните искусственные статические электромеханические (механические) характеристики асинхронного двигателя при изменении частоты напряжения, подводимого к статору.
9. Расскажите, как производится расчёт статических механических характеристик асинхронного двигателя?
10. Как осуществляется реверсирование асинхронного двигателя?

да  $F1, F2, F3$ ) машины переменного тока  $M1$ , используемой как трехфазный В схеме, изображенной на рис. 4.1, фазы обмотки ротора (ГТЗ- Описание электрической схемы установки

роторного двигателя напряжения (ТРН).

характеристик короткозамкнутого асинхронного двигателя при питании от ти- Цель работы: исследование роторных свойств и статических ха-

(ТРН) – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» раторных систем «Тристорный двигатель напряжения характеристики работы №4 Исследование статических ха-

ем асинхронного двигателя.

производится электроинформационное торможение с независимым возбуждени- 12. Схема, механические характеристики и условия, при которых

производится торможение противовключением асинхронного двигателя. 11. Схема, механические характеристики и условия, при которых



на генераторе M2.

тия часовой стрелке до нуля, что соответствует отсутствию нагрузки (0%)

в) регулировочные рукоятки активной нагрузки (306.1) повернуть про-

• второе 220В;

• первое 220В;

ны (347.1) установить номинальные напряжения трансформаторов:

б) Переключателями в блоке трехфазной трансформаторной груп-

ключателя установить в положение "Ручн";

а) переключатель режима работы источника G2 и трехфазного вы-

3. Элементы схемы привести в исходное состояние;

2. Собрать схему для выполнения работы (рис. 4.1).

ров предоставить на схеме в рабочей тетради.

тетрадь паспортные данные осциллоу. Номера выбранных машин и прибо-

выбрать требуемые электрические машины и приборы, записать в рабочую

1. Ознакомиться с электродобытовыми лабораторного станда,

План работы

питии активной и реактивной мощности (507.2).

перметры (А) и вольтметр (V). В цепь статора двигателя M1 включены изме-

В цепь якоря генератора M2 и в цепь фазы двигателя M1 включены ам-

ператора M2 присоединена к нагрузке (306.1).

рото присоединяется к трехфазному источнику G1 (201.2). Якорная цепь ге-

линуемому выходу "возбудителе" источника G2 (206.1), вход питания кото-

напряжения генератор независимого возбуждения, присоединена к переку-

Обмотка возбуждения машины постоянного тока M2, используемой как

ра (теза U2, W2, W2) должны быть соединены в звезду.

запитан от трехфазного источника питания G1 (201.2). Концы обмотки стато-

жения (207.2), который через трехфазную трансформаторную группу (347.1)

ключатель (301.1) присоединена к выходу тиристорного регулятора напря-

Обмотка статора (теза U1, W1, W1) машины M1 через трехфазный вы-

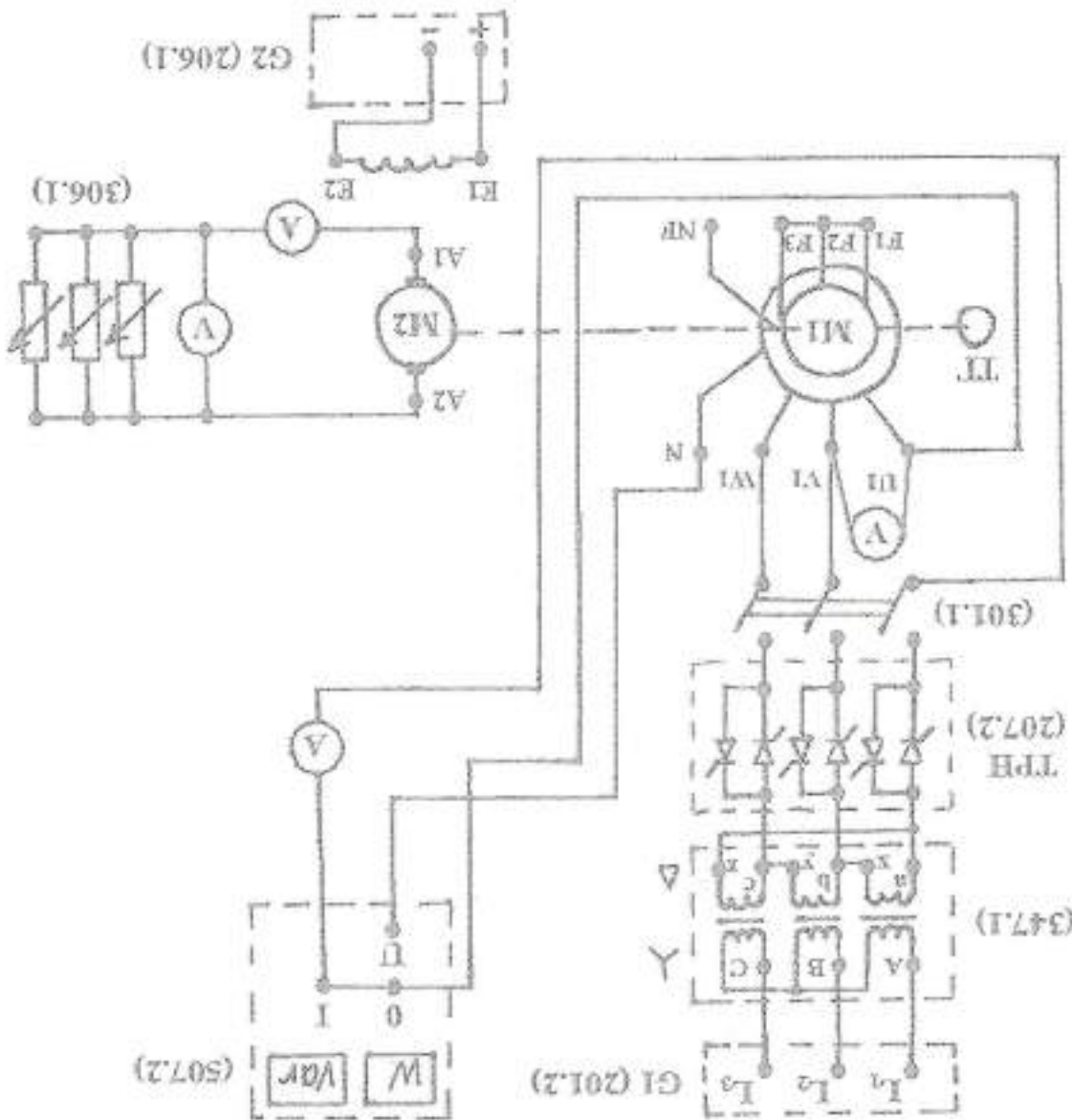
асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, замкнуты накоротко.

устройства;

4. Запустить схему установки (рис 4.1) в следующем порядке:  
 - включить трехфазный источник питания GI (201.2);  
 - включить выключатель "сеть" у всех используемых в эксперименте устройств;

ТРН-А11.

Рис. 4.1 Электрическая схема соединений для исследования системы



3.

напряжения на статоре двигателя M1.  
 повернуть против часовой стрелки до упора, что соответствует отсутствию  
 (г) регуляционную рукоятку на тиристорном преобразователе (207.2)

его постоянным. Вращая регуляторную рукоятку регулятора ТРН, изменить установить ток якоря генератора М2 равным 0,5 А и поддерживать

казания всех приборов заносятся в таблицу 4.1.

регулятора ТРН. Рекомендуемые значения напряжения: 200, 150, 100 В. По мере увеличения М1, устанавливаются вращением регуляторной рукоятки значения выходного напряжения регулятора ТРН, а значит, напряжения на статоре аналогично выше изложенному. Разница лишь в том, что требуемые значения системы ТРН-А/Г. При снятии регуляторных характеристик порядок работы в системе ТРН-А/Г. Снятие регуляторных механических характеристик двигателя в

№	Угол	$\alpha^\circ$	В	$I_a$	А	$I_r$	В	$P_s$	Вт	$Q_s$	Вар	об/мин	н

нических и механических характеристик системы ТРН-А/Г

Таблица 4.1 Экспериментальные данные для построения электромеха-

ли М1, ваттметров активной и реактивной мощностей, а также тахометра. в цепи якоря машины М2, вольтметра и амперметра в цепи статора двигателя (см. табл. 4.1) необходимо занести показания амперметра, вольтметра ных рукояток активной нагрузки (306.1) в цепи якоря генератора М2, в таб- ТРН-А/Г. Снятие характеристик осуществляется вращением регуляторной 5. Снять основную механическую характеристику двигателя в системе

напряжение 220 В, осуществив запуск двигателя М1.

руководной рукоятки на тиристорном регуляторе напряжения (207.2) выставить - включить трехпозиционный выключатель (301.1) и при помощи регуля-

ка G2 (206.1);

- включить выключатель "сеть" и нажать кнопку "вкл" источника

регулятор напряжения»;

- блок тиристорный преобразователь/регулятор перевести в режим «ре-

Расчетные данные		Экспериментальные данные							
$\alpha_2$	$U_2$	$I_2$	$U_3$	$I_3$	$P_3$	$Q_3$	$n_3$	$\omega, c^{-1}$	$M, H \cdot m$
°	B	A	B	A	Bт	ВАр	об/мин		

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n_1}{60} = \frac{9.55}{n_1} = 0.105 \cdot n_1 \quad (1/c)$$

1. текущую угловую скорость вращения:

числа параметров:

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.3 Экспериментальные и расчетные данные для построения электромеханических и механических характеристик системы ТРН-А/1

№	угл, $\alpha^\circ$	$U_1$	$n_1$ об/мин
п/п		B	

Таблица № 4.2 Экспериментальные данные для построения характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.2 Экспериментальные данные для построения характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.2 Экспериментальные данные для построения характеристик системы ТРН-А/1

Таблица № 4.2 Экспериментальные данные для построения характеристик системы ТРН-А/1



2. Расскажите методику снятия статических характеристик системы тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель.
  3. Нарисуйте схему разомкнутой реверсивной системы ТРН-АД и поясните, как осуществляется реверс в данной системе?
  4. Нарисуйте и поясните механические характеристики в разомкнутой системе ТРН-АД.
  5. Расскажите алгоритм расчета и построения механических характеристик в системе ТРН-АД.
  6. Нарисуйте и поясните схему замкнутой системы ТРН-АД.
  7. Назовите основные недостатки системы ТРН-АД и область применения данной системы.
- Список рекомендуемой литературы
1. Ключев В.И. Теория электродвижения. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
  2. Справочник по автоматизированному электродвижению. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
  3. Справочник по проектированию автоматизированного электродвижения и систем управления технологическими процессами. Под ред. Кривополя В.И. и др. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
  4. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электродвижения. – М.: Энергия, 1979.
  5. Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М., Шивянский А.В. Основы автоматизированного электродвижения. – М.: Энергия, 1974.
  6. Мазунин Н.Т. Методика расчета характеристик и параметров электромеханических систем. Учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПШУ, 2000.