

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О. А. Фёдоров, К. Э. Сороко

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

*Методическое пособие по выполнению
лабораторных работ для студентов
направления подготовки
«Нефтегазовое дело»*

Южно-Сахалинск
СахГУ
2020

УДК 621.31(075.8)
ББК 31.291я73
Ф333

*Печатается по решению учебно-методического совета
Сахалинского государственного университета, 2020 г.*

Рецензенты:

Максимов В. П., зав. кафедрой электроэнергетики
и физики СахГУ, д-р пед. наук, профессор.

Ф333 Фёдоров, О. А. Электрический привод : методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки «Нефтегазовое дело» / О. А. Фёдоров, К. Э. Сороко. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2020. – 52 с.
ISBN 978-5-88811-610-4

В пособии представлены перечни используемой при выполнении лабораторных работ аппаратуры, электрические схемы соединений и их описания, а также указания по проведению экспериментов.

Пособие предназначено для использования при подготовке к проведению лабораторных работ по учебной дисциплине «Электрический привод» для студентов направления подготовки «Нефтегазовое дело».

УДК 621.31(075.8)
ББК 31.291я73

ISBN 978-5-88811-610-4

© Фёдоров О. А., 2020
© Сороко К. Э., 2020
© Сахалинский государственный университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| Правила работы студентов в лаборатории автоматизированного электропривода и электрических машин | 5 |
| Электроприводы постоянного тока | 10 |
| Лабораторная работа № 1 | 10 |
| 1.1. Электропривод системы «Источник ЭДС – двигатель постоянного тока независимого/параллельного/последовательного возбуждения» | 10 |
| 1.2. Электропривод системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока независимого/параллельного/последовательного возбуждения» | 20 |
| 1.3. Электропривод системы «Реверсивный тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока независимого возбуждения» | 29 |
| Электроприводы переменного тока | 38 |
| Лабораторная работа № 2 | 38 |
| 2.1. Электропривод системы «Тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» | 38 |
| 2.2. Электропривод системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» | 44 |
| Список рекомендуемой литературы | 50 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем методическом пособии описаны лабораторные работы, выполняемые на комплекте типового лабораторного оборудования «Электрический привод». В ходе их воспроизводятся установившиеся и переходные процессы в электроприводах постоянного и переменного тока.

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.

Методическая часть комплекта включает: настоящее пособие как комплект материалов для подготовки к проведению лабораторных работ.

На комплексе активно может работать бригада из двух студентов.

ПРАВИЛА РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ЛАБОРАТОРИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Организация работы

1. К работе в лаборатории автоматизированного электропривода и электрических машин допускаются студенты, прослушавшие соответствующий раздел курса одной из дисциплин: «Электромеханические системы», «Электрический привод», «Автоматизированный электропривод» и проинструктированные по правилам работы в лаборатории и правилам техники безопасности. Ознакомление с ними оформляется распиской студента в соответствующих документах (контрольном листе инструктажа по технике безопасности).

2. Перед выполнением каждой лабораторной работы студент должен:

- ознакомиться с содержанием работы;
- изучить теоретический материал, относящийся к работе;
- выяснить цели и задачи, поставленные в работе;
- изучить схему соединений установки и последовательность выполнения всех операций;
- выполнить необходимые расчеты (если это предварительно требуется);
- подготовить черновик отчета предстоящей работы.

3. Перед началом работ вся группа разбивается на бригады по три-шесть человек в каждой.

4. Преподаватель проверяет подготовленность студентов к выполнению лабораторной работы.

5. Бригада получает у лаборанта необходимые приборы, аппараты, провода и приступает к выполнению работы.

6. Студент, допущенный к работе, должен ясно представлять себе задачу проводимого эксперимента.

Студенты, неподготовленные, а также не сдавшие своевременно отчет по предыдущей работе, к выполнению очередной лабораторной работы не допускаются.

7. Студенты, не выполнившие по той или иной причине

лабораторную работу, выполняют ее на дополнительном занятии, сверх учебного расписания.

8. Порядок выполнения лабораторных работ и отчетности по ним определяются методическими указаниями к лабораторным работам.

9. При выполнении лабораторных работ студент должен строго соблюдать правила работы в лаборатории и правила техники безопасности, а также бережно относиться к оборудованию. Указания преподавателей и лаборантов подлежат неукоснительному исполнению.

10. Студентам при проведении работ запрещается без разрешения преподавателя отлучаться из лаборатории, переходить от стенда к стенду, переносить приборы и аппараты с соседних пультов и стендов, разрезать провода и производить какие-либо переделки в машинах, аппаратах и приборах.

11. По окончании работы студент обязан отключить установку, сдать приборы, аппараты и провода в исправном состоянии лаборанту и привести рабочее место в надлежащий порядок.

12. Студенты, нарушающие дисциплину, правила работы в лаборатории и правила техники безопасности, отстраняются от работы и удаляются из лаборатории. Преподаватель докладывает об этом декану факультета для наложения на нарушителя административного взыскания. Возобновить работу в лаборатории они могут только с разрешения декана.

13. Если в результате нарушения настоящих правил будет нанесен ущерб оборудованию в лаборатории, виновные, помимо административной, несут и материальную ответственность.

Указания к проведению и оформлению работ

1. Перед началом занятий в лаборатории студент изучает руководство по проведению намеченной работы и соответствующую литературу.

2. Необходимо ознакомиться с устройством и паспортными данными испытаний машины, проверить соответствие приборов и аппаратуры паспортным данным и записать эти данные в рабочую тетрадь.

3. Приборы и аппараты подбирают по паспортным данным машины в зависимости от тех характеристик, которые будут сниматься.

4. Сначала выясняют, какие величины во время опыта должны оставаться постоянными, а какие должны изменяться. Для измерения постоянных величин подбирают приборы с максимальным значением шкалы на 20–25 % больше измеряемых величин. Для величин, изменяющихся в больших пределах, подбирают приборы по максимальному значению измеряемой величины только в том случае, если для нижних пределов требуется особая точность. В противном случае выбирают прибор с разными пределами измерения и во время опыта переключают прибор с одного предела на другой.

5. Сборку схемы производят в следующем порядке. Сначала собирают главную токовую цепь, затем в соответствующих местах присоединяют параллельные цепи (обмотки параллельного возбуждения, цепи в вольтметре и т. д.).

6. Закончив сборку схемы, проверяют ее правильность, приглашают преподавателя или лаборанта для окончательной проверки и получают у него разрешение на включение схемы под напряжением.

Категорически запрещается включать схему после сборки ее или каких-либо переключений в ней без проверки и разрешения преподавателя.

7. Начав опыт, перед регистрацией отдельных точек любой характеристики рекомендуется предварительно (без записей) быстро провести опыт, чтобы определить ее границы и интервалы между отдельными замерами. Число точек должно быть достаточным для построения и исследования изучаемой характеристики.

8. Все схемы, таблицы с опытными данными, графики и результаты исследований записываются и вычерчиваются каждым студентом в своей рабочей тетради и предъявляются руководителю по окончании работы.

9. Разобрать схему можно лишь после просмотра руководителем черновых записей и получения от него разрешения.

10. По каждой работе составляется отчет по установ-

ленной форме и представляется преподавателю каждым студентом в отдельности. Отчеты, признанные руководителем неудовлетворительными, возвращаются для переделки и исправления.

11. Отчеты должны быть лаконичными, выполнены чернилами или оформлены с применением компьютерной техники чисто и аккуратно.

12. Графики и кривые вычерчивают на миллиметровой бумаге или клетчатой бумаге по линейке и лекалу или строятся в специальных компьютерных программах. По осям координат наносят равномерные шкалы измеряемых величин в удобных масштабах и их размерность. Чертежи и графики наклеиваются на листы отчета в соответствии с текстом.

Правила техники безопасности

1. Каждый работающий в лаборатории должен ясно себе представлять, что несоблюдение правил техники безопасности при работе с электроустановками может привести к поражению электрическим током, вызывающим тяжелые травмы, а в некоторых случаях и смерть человека.

2. При выполнении работ с вращающимися машинами запрещается работать в широкой распахивающейся одежде, в расстегнутой куртке, в платках или шарфиках с болтающимися концами.

3. Запрещается торможение вала выключенной (а тем более включенной) машины рукой или ногой.

4. Наличие напряжения в цепях следует проверять только с помощью индикатора или вольтметра.

5. Включить собранную схему под напряжение и начинать эксперимент разрешается только после проверки ее преподавателем или лаборантом.

6. Все переключения в схемах и устранение в них недостатков должны производиться при снятом напряжении.

7. После включения схемы установки 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 неизолированных то-

коведущих частей машин и аппаратов, а также оголенных проводов, находящихся под напряжением.

9. Запрещается размыкать цепи возбуждения машин постоянного тока, находящихся 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 установки необходимо немедленно их отключить и о повреждении сообщить преподавателю.

11. При испытании агрегатов запрещается стоять против муфт, соединяющих электрические машины.

12. На рабочем месте не должны находиться посторонние предметы: книга, чемоданчики, сумка, лишние приборы, провода, реостаты и т. п.

13. Следует соблюдать осторожность при измерении скорости машин ручными тахометрами.

14. По окончании работы напряжение с пульта управления должно быть снято.

15. В случае поражения электрическим током надо немедленно освободить находящихся под током, принять необходимые меры по оказанию помощи пострадавшему и вызвать врача.

16. Для освобождения находящегося под током необходимо быстро отключить установку (снять напряжение). Если этого быстро сделать нельзя, пострадавшего освобождают от тока, перерезая провода (кабель) инструментом с изолирующей рукояткой.

17. Все работающие в лаборатории должны знать местонахождение аптечки с медикаментами и защитными средствами, необходимыми для оказания первой помощи, а также кнопок аварийного отключения напряжений постоянного тока.

18. При возникновении пожара немедленно сообщить об этом преподавателю или лаборанту и приступить к тушению средствами, имевшимися в лаборатории. Напряжение с электроустановок при этом должно быть немедленно снято.

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Лабораторная работа № 1

1.1. Электропривод системы «Источник ЭДС – двигатель постоянного тока независимого/параллельного/последовательного возбуждения»

Перечень аппаратуры

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|---|-------|---|
| A1 | Выпрямитель | 322 | Трехфазный мост 3 x 400 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...250 В – 3 А (якорь) 200 В –; 1 А (возбуждение) |
| G3 | Регулируемый автотрансформатор | 318.1 | 220/0..240 В 2 А ~ |
| G4 | Асинхронный двигатель | 106 | 50 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹ |
| G5 | Преобразователь угловых перемещений | 104 | Шесть 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 ⁻¹ |
| P2 | Блок мультиметров | 508.2 | 0...1000 В ~; 0...20 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 (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 лабораторных работ

- 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.

ключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели «СЕТЬ» всех используемых в эксперименте блоков.

– Используя данные таблицы 1.1.1, вычислите значения угловой частоты вращения ω двигателя M1 по выражению:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

и его электромагнитного момента M по формуле:

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

и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.2.

Таблица 1.1.2

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| M, Н · м | | | | | | | | | |
| ω , с ⁻¹ | | | | | | | | | |

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

Регулирование скорости вращения двигателя изменением сопротивления реостата в цепи якоря

• Переведите регулировочные рукоятки реостатов A2 и A4, например, в положение 0 Ом.

• Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.

• Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P2 и указателя частоты вращения P1.

• Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.

• Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M1 до частоты вращения, например, 1500 мин⁻¹.

• Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.

• Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G3, установите ток якоря двигателя M1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.

• Меняя положение регулировочных рукояток реостата A2, изменяйте его сопротивление R и заносите значения последнего и показания указателя P1 в таблицу 1.1.3.

Таблица 1.1.3

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| R, Ом | | | | | | | | | |
| n, 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 значения угловой скорости вращения ω двигателя M1 и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.4.

Таблица 1.1.4

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| R, Ом | | | | | | | | | |
| n, с ⁻¹ | | | | | | | | | |

• Используя данные таблицы 1.1.4, постройте зависимость $\omega = f(R)$.

Регулирование скорости вращения двигателя изменением возбуждения

✓ Переведите регулировочные рукоятки реостатов A2 и A4, 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 P2 и указателя частоты вращения P1.

✓ Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.

✓ Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M1 до частоты вращения, например, 1000 мин⁻¹.

✓ Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.

✓ Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G3, установите ток якоря двигателя M1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.

✓ Меняя положение регулировочной рукоятки реостата A4, изменяйте ток возбуждения I_r и заносите показания амперметра блока P2 и указателя P1 в таблицу 1.1.5.

Таблица 1.1.5

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| I _r , А | | | | | | | | | |
| n, 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 1.1.5, вычислите значения угловой скорости ω двигателя M1 и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.6.

Таблица 1.1.6

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| I _r , А | | | | | | | | | |
| ω, с ⁻¹ | | | | | | | | | |

✓ Используя данные таблицы 1.1.6, постройте зависимость $\omega = f(I_r)$.

Регулирование скорости вращения двигателя изменением напряжения якоря

• Переведите регулировочные рукоятки реостатов A2 и A4, например, в крайнее против часовой стрелки положение, а активной нагрузки A1 – 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 P2 и указателя частоты вращения P1.

• Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.

• Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M1 до частоты вращения, например, 1500 мин⁻¹.

• Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G3.

• Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G3, установите ток якоря двигателя M1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.

• Вращая регулировочную рукоятку источника G2, уменьшайте напряжение якоря U_a двигателя M1 и заносите показания вольтметра блока P2 и указателя P1 в таблицу 1.1.7.

Таблица 1.1.7

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| U _a , В | | | | | | | | | |
| n, 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 1.1.7, вычислите значения угловой скорости вращения ω двигателя М1 по выражению (1.1.1) и занесите полученные результаты в таблицу 1.1.8.

Таблица 1.1.8

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $U_a, В$ | | | | | | | | | |
| $\omega, с^{-1}$ | | | | | | | | | |

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

Оформление отчета о лабораторной работе

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

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

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

3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными. Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

4. Построенные в масштабе в одной системе координат механические характеристики исследуемого электропривода.

5. Построенные в масштабе в разных системах координат характеристики исследуемого электропривода.

1.2. Электропривод системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока независимо/параллельного/последовательного возбуждения»

Перечень аппаратуры

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|--------------|-----|------------------------------------|
| A1 | Выпрямитель | 322 | Трехфазный мост 3 x 400 В / 2 А |

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|---|-------|--|
| A2 | Трехфазная трансформаторная группа | 347.1 | 3 x 80 В · А; 230 /240, 230, 220, 133, 127 В |
| A3 | Тиристорный преобразователь – регулятор | 207.2 | 3 x 400 В ~ / 2 А шесть тиристоров |
| G1 | Трехфазный источник питания | 201.2 | 400 В ~; 16 А |
| G2 | Регулируемый автотрансформатор | 318.1 | 220/0...240 В 2 А ~ |
| G3 | Асинхронный двигатель | 106 | 50 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹ |
| G4 | Преобразователь угловых перемещений | 104 | Шесть выходных сигналов |
| G5 | Источник питания двигателя постоянного тока | 206.1 | 0...250 В – 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 ⁻¹ |
| P2 | Блок мультиметров | 508.2 | 0...1000 В $\overleftarrow{\sim}$; 0...20 А $\overleftarrow{\sim}$ |

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 М1 следует соединить последовательно, а в третьем случае – параллельно.

Трехфазная трансформаторная группа А2 преобразует напряжение источника G1 в пониженное напряжение, подаваемое на тиристорный преобразователь/регулятор А3.

Источник G5 используется для питания обмотки возбуждения двигателя М1 в случае включения последнего по схеме с независимым возбуждением.

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

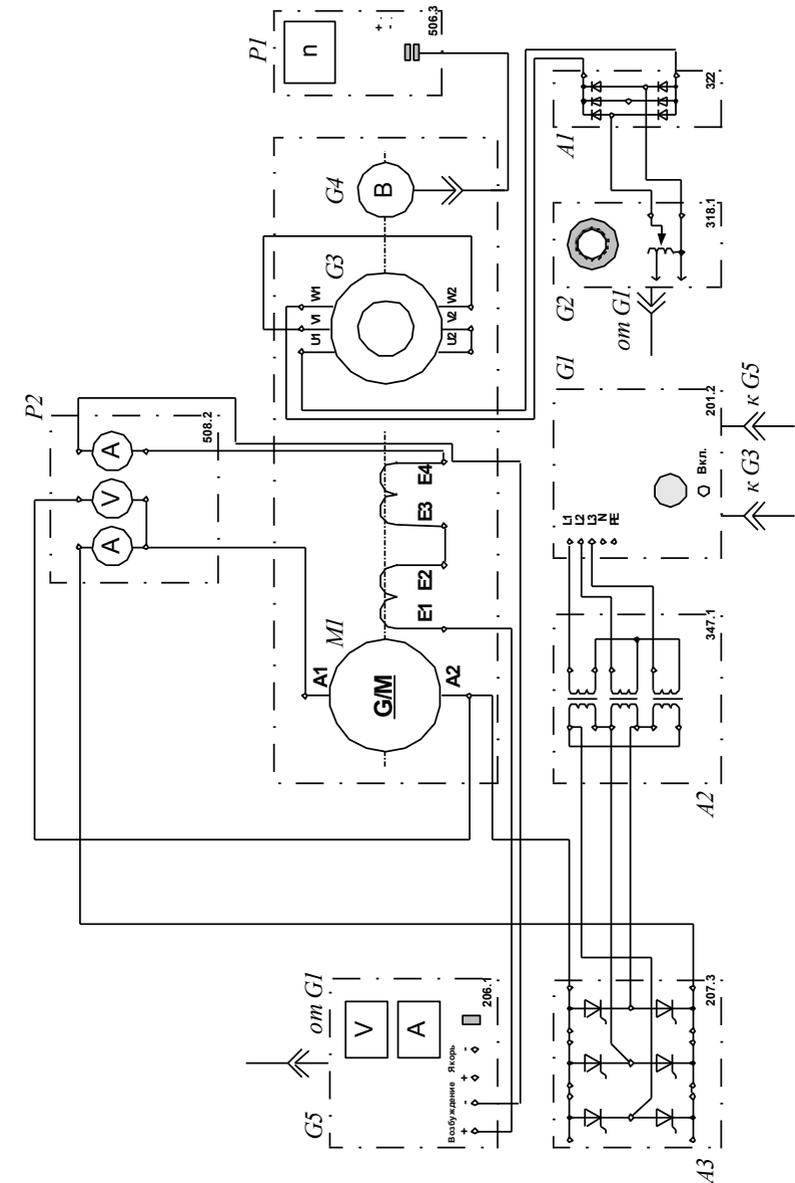
Двигатель переменного тока G3, работающий в режиме тормоза и обеспечивающий нагрузку на валу исследуемого двигателя, питается постоянным током от регулируемого автотрансформатора G2 через выпрямитель А1.

С помощью мультиметров блока P2 контролируются ток и напряжение якоря, а также ток возбуждения двигателя М1.

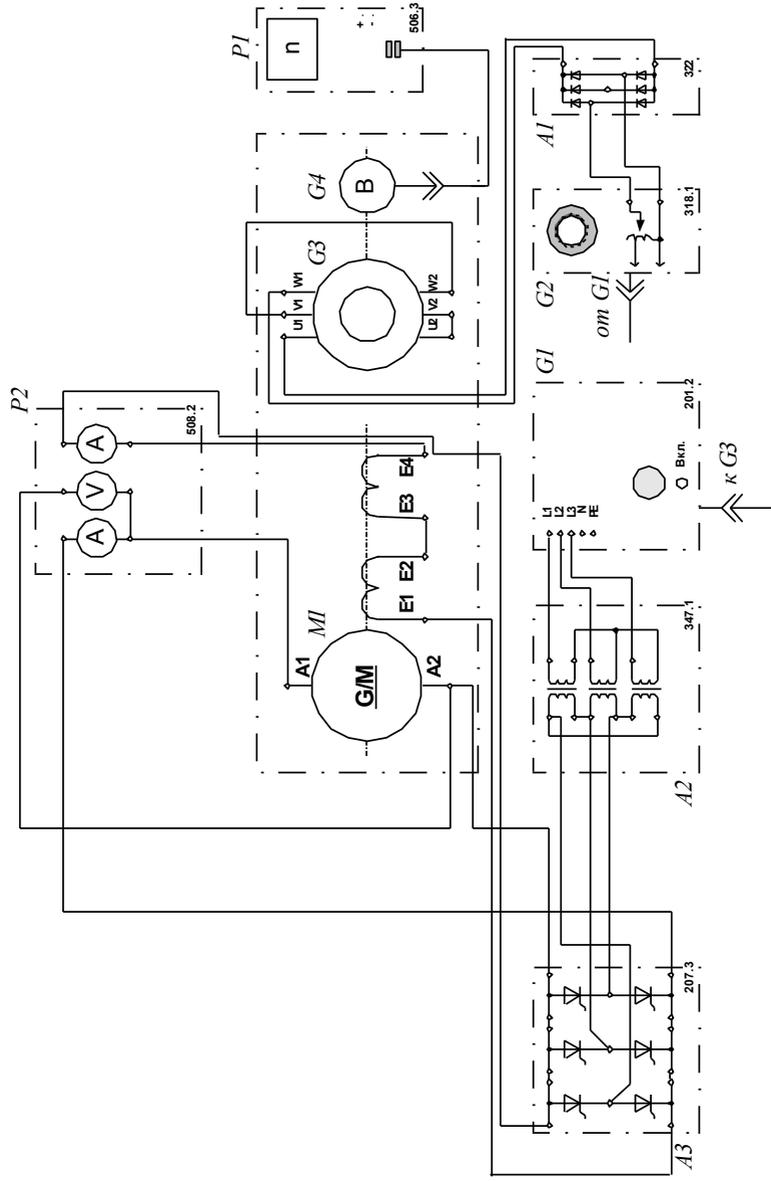
Указания по проведению экспериментов

- Убедитесь, что устройства, используемые в экспериментах, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « \oplus » 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 P2 и указателя частоты вращения P1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя/регулятора А3.

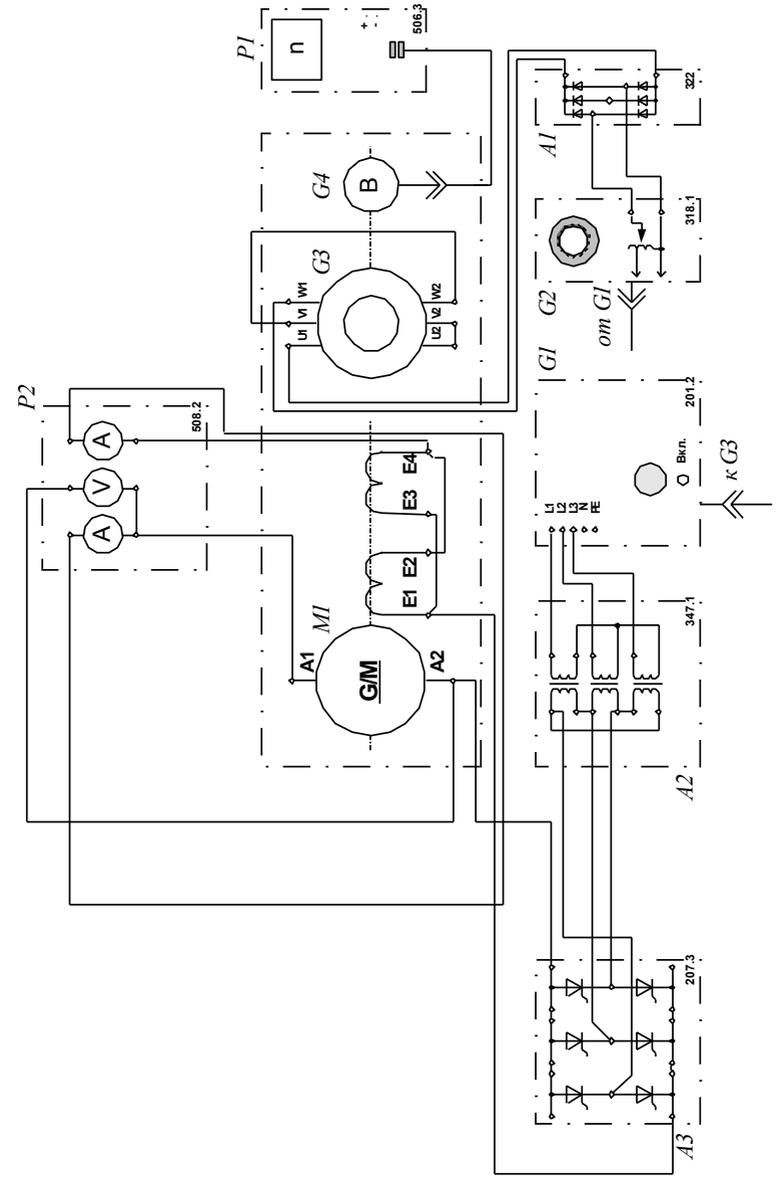
Электрическая схема соединений (вариант 1)



Электрическая схема соединений (вариант 2)



Электрическая схема соединений (вариант 3)



- 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 «ЗФ 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^{-1} .

Определение координат и параметров электропривода в статическом режиме

Частоту вращения n [мин^{-1}] 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.

Определение статической механической характеристики двигателя

– Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя/регулятора А3.

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

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

– 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 таблицы 1.2.1, вычислите значения угловой частоты вращения ω 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

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

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

Регулирование скорости вращения двигателя изменением напряжения якоря

✓ 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 «ЗФ 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^{-1} .

✓ 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 АЗ, изменяйте угол управления преобразователя АЗ в диапазоне 30..170 град. и заносите показания вольтметра блока P2 и указателя P1 в таблицу 1.2.3.

Таблица 1.2.3

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| U _a , В | | | | | | | | | |
| n, мин ⁻¹ | | | | | | | | | |

✓ По завершении эксперимента сначала у автотрансформатора G2, а затем у преобразователя АЗ 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 ω двигателя по выражению (1.1.1) и занесите полученные результаты в таблицу 1.2.4.

Таблица 1.2.4

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| U _a , В | | | | | | | | | |
| ω , с ⁻¹ | | | | | | | | | |

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

Оформление отчета о лабораторной работе

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

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

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

3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными. Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

4. Построенные в масштабе в одной системе координат механические характеристики исследуемого электропривода.

5. Построенные в масштабе в разных системах координат характеристики исследуемого электропривода.

1.3. Электропривод системы «Реверсивный тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока независимого возбуждения»

Перечень аппаратуры

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|---|-------|--|
| A1 | Выпрямитель | 322 | Трехфазный мост 3 x 400 В / 2 А |
| A2 | Трехфазная трансформаторная группа | 347.1 | 3 x 80 В · А; 230 /240, 230, 220, 133, 127 В |
| A3 | Тиристорный преобразователь – регулятор | 207.2 | 3 x 400 В ~ / 2 А шесть тиристоров |
| G1 | Трехфазный источник питания | 201.2 | 400 В ~; 16 А |
| G2 | Регулируемый автотрансформатор | 318.1 | 220/0..240 В 2 А ~ |
| G3 | Асинхронный двигатель | 106 | 50 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹ |
| G4 | Преобразователь угловых перемещений | 104 | Шесть выходных сигналов |

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|---|-------|--|
| G5 | Источник питания двигателя постоянного тока | 206.1 | 0...250 В – 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 ⁻¹ |
| P2 | Блок мультиметров | 508.2 | 0...1000 В $\overline{\sim}$; 0...20 А $\overline{\sim}$ |

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.

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.

- Номинальное вторичное фазное напряжение трехфазной трансформаторной группы A2 установите равным 133 В.

- Переведите регулировочные рукоятки активной нагрузки A1 в крайнее по часовой стрелке положение.

- Регулировочные рукоятки регулируемого автотрансформатора G2 и тиристорного преобразователя A3 поверните против часовой стрелки до упора.

- 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» источника G5 питания двигателя постоянного тока и нажмите кнопку «ВКЛ» на его лицевой панели.

- Включите выключатель «СЕТЬ» тиристорного преобразователя/регулятора A3.

- Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя A3, установите его угол управления 100 град.

- Нажмите кнопку «РЕВЕРСИВНЫЙ 3Ф ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ» на лицевой панели преобразователя A3 и удерживайте ее до тех пор, пока не загорится расположенный рядом с ней светодиод.

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

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 А3.

✓ Включите выключатель «СЕТЬ» источника G5 питания двигателя постоянного тока и нажмите кнопку «ВКЛ» на его лицевой панели.

✓ Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя А3, установите его угол управления 100 град.

✓ Нажмите кнопку «РЕВЕРСИВНЫЙ 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⁻¹.

✓ Включите выключатель «СЕТЬ» регулируемого автотрансформатора G2.

✓ Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора G2, установите ток якоря двигателя М1 равным, например, 0,5 А и поддерживайте его в ходе эксперимента.

✓ Вращая регулировочную рукоятку преобразователя А3, изменяйте угол управления преобразователя А3 в диапазоне 40..160 град. и заносите показания вольтметра блока P2 и указателя P1 в таблицу 1.3.3.

Таблица 1.3.3

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| U _a , В | | | | | | | | | |
| n, мин ⁻¹ | | | | | | | | | |

✓ 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 ω двигателя по выражению (1.1.1) и занесите полученные результаты в таблицу 1.3.4.

Таблица 1.3.4

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| U _a , В | | | | | | | | | |
| ω , с ⁻¹ | | | | | | | | | |

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

Оформление отчета о лабораторной работе

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

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

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

3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными. Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

4. Построенные в масштабе в одной системе координат механические характеристики исследуемого электропривода.

5. Построенные в масштабе в разных системах координат характеристики исследуемого электропривода.

Выводы:

1.
2.
3.

Контрольные вопросы

1. Какие системы возбуждения имеют двигатели постоянного тока?
2. Какой ток, постоянный или переменный, протекает по виткам обмотки якоря двигателя постоянного тока?
3. Укажите основные способы регулирования скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
4. Что понимается под регулированием скорости с постоянством момента и мощности? Как реализуется двухзонное регулирование скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения?
5. Какие тормозные режимы характерны для двигателей постоянного тока независимого возбуждения? Каковы требования к источнику питания для реализации рекуперативного торможения?
6. Какими динамическими звеньями отображается структурная схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения?
7. Чем определяется характер переходных процессов в двигателе постоянного тока независимого возбуждения?
8. В чем особенность естественной механической характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения? Что будет, если двигатель оставить без нагрузки на валу?
9. Как изменить направление вращения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения?
10. Назовите способы регулирования скорости двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Какой из этих способов более экономичный?
11. Какой тормозной режим характерен для двигателей постоянного тока последовательного возбуждения? Как реализуется этот режим?
12. Поясните алгоритм управления реверсивными выпрямителями с отдельным управлением в приводах по системе ТП–Д.
13. В чем состоит принцип подчиненного регулирования переменных электропривода?
14. Какой контур регулирования переменных в системе ТП–Д является внутренним, какой внешним?

15. Как в системе подчиненного регулирования реализуется ограничение по току?

16. На какой технический оптимум настраивают регулятор тока в системе подчиненного регулирования? Каково при этом будет перерегулирование по току?

17. Какого типа регуляторы скорости можно применять в системе подчиненного регулирования координат электропривода? Каким оптимальным настройкам соответствует тип регулятора?

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Лабораторная работа №2

2.1. Электропривод системы «Тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»

Перечень аппаратуры

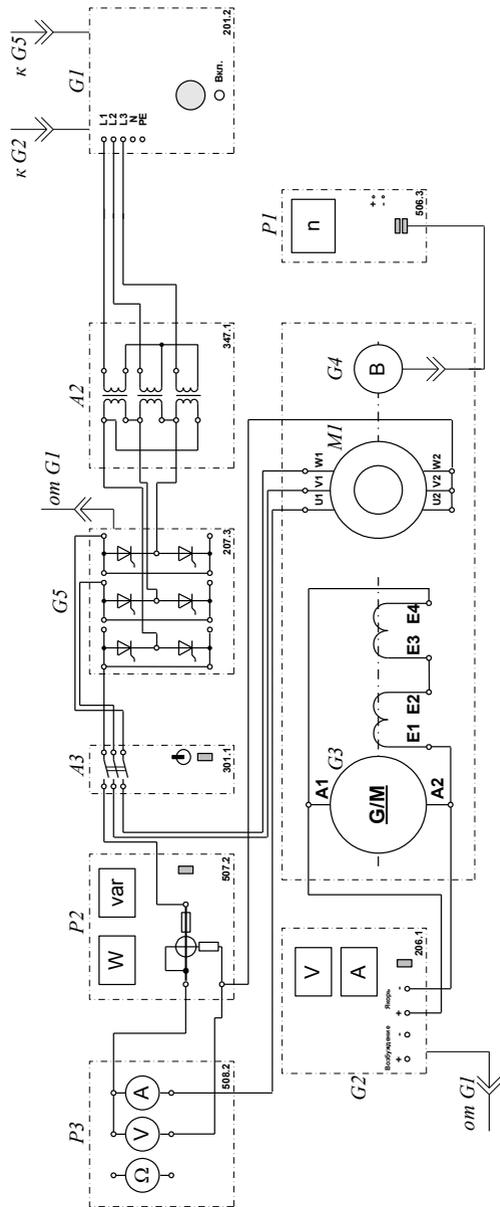
| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|---|-------|---|
| A2 | Трехфазная трансформаторная группа | 347.1 | 3 x 80 В · А; 230 / 242, 235, 230, 226, 220, 133, 127 В |
| A3 | Трехполюсный выключатель | 301.1 | 400 В ~; 10 А |
| G1 | Трехфазный источник питания | 201.2 | 400 В ~; 16 А |
| G2 | Источник питания двигателя постоянного тока | 206.1 | 0...250 В – 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 | Шесть выходных сигналов |
| G5 | Тиристорный преобразователь / регулятор | 207.2 | 3 x 400 В ~ / 2 А, шесть тиристоров |
| M1 | Двигатель переменного тока | 106 | 50 Вт; 230 В ~; 1500 мин ⁻¹ |
| P1 | Указатель частоты вращения | 506.3 | 2000...0...2000 мин ⁻¹ |

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
|-------------|----------------------|-------|---|
| 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 | Три мультиметра 0...1000 В $\overline{\sim}$; 0...10 А $\overline{\sim}$; 0...20 МОм |

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 A3 установите в положение «РУЧН».
- Регулировочные рукоятки источника G2 и преобразователя/регулятора G5 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите переключателями в блоке A2 номинальное 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 A3 нажатием на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели.

Электрическая схема соединений



40

Определение координат и параметров электропривода в статическом режиме

Частоту вращения n [мин⁻¹] двигателя M1 измеряйте с помощью указателя P1.

Активную P [Вт] и реактивную Q [Вар] мощности, потребляемые двигателем M1, определяйте с помощью измерителя P2.

Ток статора двигателя M1 измеряйте мультиметром блока P3.

Определение статической механической характеристики двигателя

- Нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, изменяйте момент на валу исследуемого двигателя M1 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_a, A | | | | | | | | | |
| $P, Вт$ | | | | | | | | | |
| $n, мин^{-1}$ | | | | | | | | | |

– По завершении эксперимента поверните регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до упора и нажмите кнопку «ОТКЛ.». Отключите выключатель A3 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» и источник G1 нажатием на кнопку – гриб. Отключите выключатели «СЕТЬ» задействованных в эксперименте блоков.

– Используя данные таблицы 2.1.1, вычислите значения угловой скорости ω по выражению (1.1.1) и электромагнитного момента M двигателя по выражению:

$$M = \frac{3 \cdot P - 3 \cdot I^2 \cdot r}{\omega_0}, \quad (2.1.1)$$

где: P – активная мощность, потребляемая фазой двигателя M1, Вт;

41

r – активное сопротивление фазы статорной обмотки двигателя М1, Ом ($r = 80$ Ом);

I – фазный ток двигателя М1;

ω_0 – угловая частота вращения магнитного поля двигателя М1 ($\omega_0 = 157$ с⁻¹).

Полученные результаты занесите в таблицу 2.1.2.

Таблица 2.1.2

| | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| М, Н · м | | | | | | | | |
| ω , с ⁻¹ | | | | | | | | |

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

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, 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 таблицы 2.1.3, вычислите значения скорости ω двигателя по выражению (1.1.1) и занесите полученные результаты в таблицу 2.1.4.

Таблица 2.1.4

| | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| U, В | | | | | | | | |
| ω , с ⁻¹ | | | | | | | | |

✓ Используя данные таблицы 2.1.4, постройте в виде графика зависимость $\omega = f(U)$.

Оформление отчета о лабораторной работе

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

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

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

3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными. Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

4. Построенные в масштабе в разных системах координат характеристики исследуемого электропривода.

Контрольные вопросы

1. Схема лабораторной установки для исследования

системы «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель», основные элементы и принцип работы.

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.

2.2. Электропривод системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»

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.

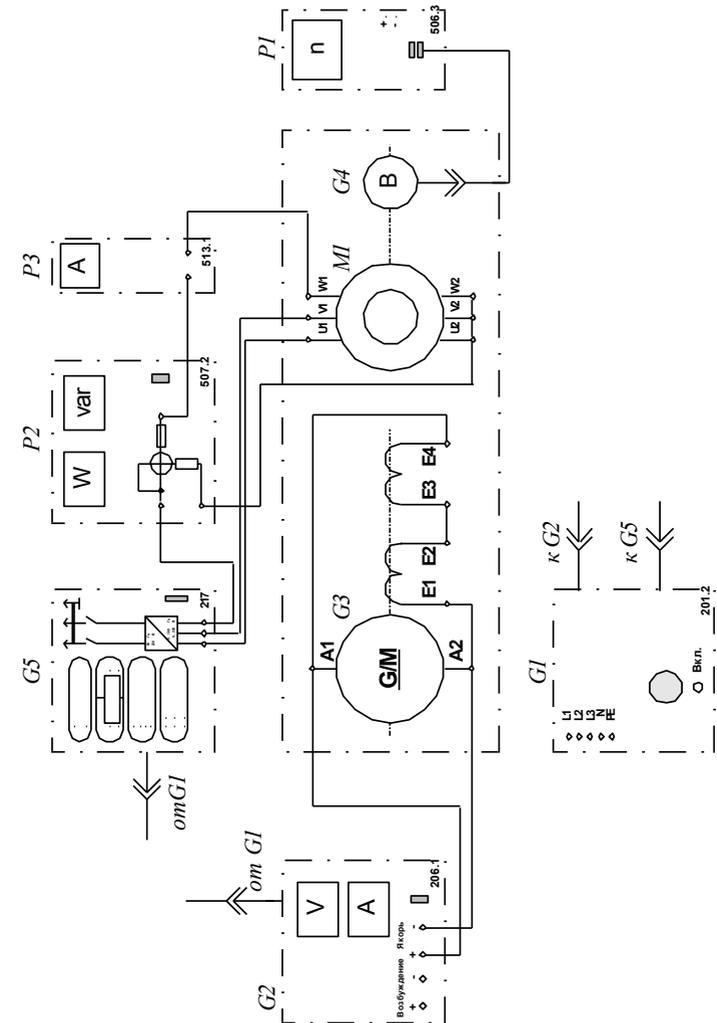
Преобразователь угловых перемещений G4 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P1 электромашинного агрегата.

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.

Электрическая схема соединений



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.
- Переключатель режима работы источника G2 установите в положение «РУЧН.».
- Регулировочные рукоятки источника G2 и преобразователя частоты G5 поверните против часовой стрелки до упора.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.
- Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и указателя P1 частоты вращения.
- Включите выключатель «СЕТЬ» преобразователя частоты G5. Кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» выберите режим работы «Эксперимент №1: Исследование режимов работы асинхронного двигателя».
- Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ», далее кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» и «ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА» выберите, например, следующие значения параметров: U номинальное – 220 В, тип характеристики – линейная, выход 1 – скорость, выход 2 – скорость, управление – ручное.
- Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ».
- Вращая регулировочную рукоятку, установите задание скорости вращения магнитного поля двигателя M1, например, 157 рад/с. Нажмите кнопку «ВПЕРЕД» и убедитесь, что электродвигатель M1 пришел во вращение и на дисплее преобразователя G5 по завершении разгона двигателя M1 отображается скорость вращения его магнитного поля: +157 рад/с.

Измерение координат электропривода в статическом режиме

Частоту вращения n [мин⁻¹] двигателя M1 измеряйте с помощью указателя P1.

Активную мощность P [Вт] двигателя M1 измеряйте с помощью указателя мощностей P2.
Ток двигателя I [А] измеряйте амперметром P3.

Определение статической механической характеристики двигателя

- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, изменяйте ток на его выходе «ЯКОРЬ» в диапазоне 0...1,5 А.
- Измеряйте значения частоты вращения n , активной мощности P тока I и частоты вращения магнитного поля ω_0 двигателя M1 и заносите их в таблицу 2.2.1.

Таблица 2.2.1

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| n , мин ⁻¹ | | | | | | | | | |
| P , Вт | | | | | | | | | |
| I , А | | | | | | | | | |
| ω_0 , рад/с | | | | | | | | | |

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 ω_0 вращения магнитного поля двигателя M1 в диапазоне 10..200 рад/с и заносите ее значения (считываются с дисплея преобразователя частоты G5), а также значения скорости ω вращения двигателя M1 в таблицу 2.2.2.

Таблица 2.2.2

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ω_0 , рад/с | | | | | | | | | |
| ω , рад/с | | | | | | | | | |

✓ По завершении эксперимента отключите задействованные в нем блоки.

✓ Используя данные таблицы 2.2.1, вычислите значения угловой скорости ω по выражению (1.1.1) и электромагнитного момента M двигателя по выражению (2.1.1). Полученные результаты занесите в таблицу 2.2.3.

Таблица 2.2.3

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

✓ По данным таблицы 2.2.3 постройте механическую характеристику $\omega = f(M)$ двигателя.

✓ По данным таблицы 2.2.2 постройте характеристику $\omega = f(\omega_0)$ двигателя.

Оформление отчета о лабораторной работе

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

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

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

3. Таблицы с экспериментальными и расчетными данными. Каждая таблица должна иметь название и порядковый номер.

4. Построенные в масштабе в одной системе координат механические характеристики исследуемого электропривода.

5. Построенные в масштабе в разных системах координат характеристики исследуемого электропривода.

Контрольные вопросы

1. Схема лабораторной установки для исследования системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель», основные элементы и принцип работы.

2. Расскажите методику снятия статических характери-

стик системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

3. Записать основной закон частотного управления (закон Костенко) и перечислить допущения, при соблюдении которых этот закон справедлив.

4. Записать основной закон частотного управления (закон Костенко) и вывести исходя из него пропорциональный закон частотного управления. Изобразить семейство механических характеристик системы ТПЧ-АД для пропорционального закона, назвать его недостатки.

5. Записать основной закон частотного управления (закон Костенко) и вывести исходя из него закон частотного управления, применяемый при вентиляторном моменте сопротивления.

6. Перечислить три основные разновидности основного закона частотного управления в зависимости от нагрузки на валу двигателя. При каких условиях применяются эти законы? Изобразить семейство механических характеристик системы ТПЧ-АД для одного из законов управления.

7. С какой целью при регулировании частоты регулируют величину напряжения, подаваемого на обмотку статора асинхронного двигателя?

8. Назвать, какие преобразователи энергии могут быть применены в качестве преобразователей частоты, изобразить схему одного из них.

[1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#)

Сделать выводы:

1. ...

2. ...

3. ...

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Учебное издание

1. Ключев, В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. – М. : Энергоатомиздат, 1985.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу. – М. : Энергоатомиздат, 1983.
3. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / под ред.: В. И. Круповича [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1982.
4. Чиликин, М. Г. Теория автоматизированного электропривода / М. Г. Чиликин, В. И. Ключев, А. С. Сандлер. – М. : Энергия, 1979.
5. Чиликин, М. Г. Основы автоматизированного электропривода / М. Г. Чиликин, М. М. Соколов, В. М. Терехов, А. В. Шимьянский. – М. : Энергия, 1974.
6. Мазунин, Н. Т. Методика расчета характеристик и параметров электромеханических систем : учебное пособие / Н. Т. Мазунин. – Пермь : изд-во ПГТУ, 2000.
7. Столбов, Б. М. Теория электропривода. Электронный конспект лекций / Б. М. Столбов. – Пермь : каф. МСА ПГТУ, 2000.

ФЁДОРОВ Олег Анатольевич,

СОРОКО Константин Эдуардович

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

*Методическое пособие по выполнению
лабораторных работ для студентов
направления подготовки
«Нефтегазовое дело»*

Корректор В. А. Яковлева.

Верстка О. А. Надточий.

Подписано в печать 29.05.2020.

Бумага «Excellent Copy». Гарнитура «Helios».

Формат 60x84¹/₁₆. Объем 3 усл. п. л.

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–100 экз.). Заказ № 595-20.

Сахалинский государственный университет
693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290, каб. 32.
Тел. (4242) 45-23-16, факс (4242) 45-23-17.
E-mail: izdatelstvo@sakhgu.ru,
polygraph@sakhgu.ru

