

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Автоматизированные электроприводы»

В. А. Савельев

**НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные
электроприводы» дневной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2020

УДК 62-83-52(075.8)
ББК 31.291я73
С12

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 03.06.2019 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Физика и электротехника» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *А. В. Козлов*

Савельев, В. А.

С12 Наладка и диагностика автоматизированного электропривода : практикум по выполнению лаборатор. работ по одной дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. формы обучения / В. А. Савельев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 36 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-440-7.

Содержит теоретические сведения, задание и программу проведения лабораторных работ по разделу «Системы управления электроприводов постоянного тока» дисциплины «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода»

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной формы обучения.

**УДК 62-83-52(075.8)
ББК 31.291я73**

ISBN 978-985-535-440-7

© Савельев В. А., 2020
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2020

Лабораторная работа № 1

Изучение особенностей функционирования и наладки систем питания электроприводов постоянного и переменного тока

1. Цель работы

Цель работы – изучить принципиальные схемы и особенности наладки наиболее часто применяемых в электроприводах источников вторичного электропитания.

Студент обязан знать:

- назначение, принцип действия и характеристики источников вторичного электропитания;
- методику расчета и выбора элементов схем вторичного электропитания;
- методику контроля и наладки.

2. Меры безопасности

Техника безопасности требует обязательного соблюдения нижеприведенных правил:

- К выполнению практической части лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие специальный технический инструктаж и изучившие техническое описание и инструкцию по эксплуатации.
- Электродвигатель, блок управления, сглаживающий и сетевой реакторы, трансформатор, а также контрольно-измерительная аппаратура должны быть заземлены.
- Категорически запрещается вставлять и вынимать панели управления под напряжением. Любые действия, связанные с внесением схемных изменений, должны производиться только после отключения электропривода от питающей сети.
- Приступать к выполнению практической части лабораторной работы студенты могут только с разрешения преподавателя.

3. Краткие теоретические сведения

Перед началом выполнения работы внимательно ознакомьтесь с материалом, изложенным в конспекте лекций (раздел 3).

4. Порядок выполнения работы

Используя принципиальные схемы электроприводов ЭТУ2-2Д (II) и КТЭ, выполните следующие действия со вторичными источниками электропитания:

– проверьте вольтметром с входным сопротивлением не менее 10 МОм наличие стабилизированных напряжений +15 В, –15 В и +5 В. В случае отклонения полученных значений от указанных произведите коррекцию при помощи подстроечных резисторов;

– осциллографом произведите замер уровня пульсаций стабилизированных напряжений +15 В, –15 В и +5 В. В случае недопустимого уровня пульсаций установите причины превышения;

– вольтметром проверьте наличие нестабилизированных напряжений +24 В;

– снимите нагрузочную характеристику источников питания, по ней определите максимально допустимый ток нагрузки источников питания.

Для рассмотренных источников электропитания приведите их принципиальные схемы, характеристики, изучите (приводить в отчете не нужно) методику расчета.

5. Содержание отчета

В отчете необходимо привести наименование и цель работы, чертежи принципиальных схем рассмотренных элементов электропривода, результаты расчета их параметров, характеристики и осциллограммы сигналов, указанных в п. 4. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Поясните состав системы питания типового электропривода постоянного тока. Приведите требования к источникам вторичного электропитания.

2. Поясните, каким образом формируются стабилизированные напряжения +15 В и –15 В.

3. Поясните принципиальное различие между параметрическим и компенсационным стабилизатором. Приведите схему параметрического стабилизатора для повышенной нагрузки (с составным транзистором) и поясните назначение элементов.

4. Приведите методику расчета параметрического стабилизатора.

5. Приведите схему компенсационного стабилизатора последовательного типа. Поясните порядок расчета схемы.

6. Поясните особенности конструкции стабилизатора напряжений +15 В и –15 В, применяемого в преобразователе Мезоматик. Опишите назначение входящих в его состав элементов.

7. Опишите порядок операций, выполняемых при настройке системы питания.

Литература

1. Гусев, В. Г. Электроника : учеб. пособие для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 2-е изд. – М. : Высш. шк., 1991. – 622 с.
2. Аналоговая и цифровая электроника / Ю. Ф. Опадчий [и др.]. – М. : Радио и связь, 1996 – 768 с.
3. Справочные пособия по операционным усилителям.
4. Чернов, Е. А. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ : справ. пособие / Е. А. Чернов, В. П. Кузьмин. – Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1989.

Лабораторная работа № 2

Изучение особенностей функционирования и наладки системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода постоянного тока (часть 1)

1. Цель работы

Целями работы являются:

1. Подробное изучение устройства и принципа действия системы управления комплектным тиристорным электроприводом типа ЭТУ.
2. Изучение типовой методики проведения работ по наладке систем управления комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока.

2. Меры безопасности

Техника безопасности требует обязательного соблюдения нижеприведенных правил:

- К выполнению практической части лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие специальный технический инструктаж и изучившие техническое описание и инструкцию по эксплуатации.
- Электродвигатель, блок управления, сглаживающий и сетевой реакторы, трансформатор, а также контрольно-измерительная аппаратура должны быть заземлены.
- Категорически запрещается вставлять и вынимать панели управления под напряжением. Любые действия, связанные с внесением схемных изменений, должны производиться только после отключения электропривода от питающей сети.

• Приступать к выполнению практической части лабораторной работы студенты могут только с разрешения преподавателя.

3. Краткие теоретические сведения

Перед началом выполнения работы внимательно ознакомьтесь с материалом, изложенным в конспекте лекций (раздел 4).

4. Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы № 2 необходимо выполнить следующие действия:

4.1. Внимательно ознакомьтесь с устройством и принципом действия системы управления комплектного тиристорного преобразователя ЭТУ2-2...Д.

4.2. Пользуясь изложенными выше рекомендациями и спецификацией, приведенной в техническом описании рассматриваемого электропривода, рассчитайте значения сопротивлений $R1$ фильтра Φ , $R2$ генератора пилообразного напряжения, $R39$ и $R40$ управляющего органа и $R32$ переключателя характеристик, необходимых для настройки системы управления.

4.3. Установите рассчитанные значения элементов и подайте напряжение на систему управления.

4.4. Проконтролируйте, а при необходимости скорректируйте величины стабилизированных напряжений $+15\text{ В}$, -15 В , $+5\text{ В}$ с точностью не хуже $\pm 0,1\text{ В}$ (желательно использовать вольтметр с цифровой индикацией и входным сопротивлением не менее 1 МОм).

Обратите внимание на симметрию напряжений $+15\text{ В}$ и -15 В , так как несимметрия этих напряжений влияет на характеристики ОУ.

При помощи осциллографа проконтролируйте величину пульсаций указанных напряжений. Она не должна превышать 5 мВ .

Проконтролируйте наличие нестабилизированных напряжений $+24\text{ В}$ и -24 В .

4.5. При помощи осциллографа проверьте фазировку вторичных напряжений $a4$, $b4$, $c4$ трансформатора $T5$ синхронизации системы управления. При этом необходимо иметь в виду, что основной схемой соединения обмоток силового трансформатора является «звезда–звезда-12». Однако для силового трансформатора возможно изменение схемы соединения обмоток на «звезда–треугольник», при этом целесообразно произвести переключение обмоток трансформатора синхронизи-

зации Т5 на схему «треугольник–звезда» с сохранением величины напряжений, прикладываемых к каждой из первичных обмоток.

4.6. При помощи осциллографа или фазометра проверьте фазовый сдвиг, вносимый фильтрами на входе формирователей импульсов. Для этого один канал фазометра подключите к выходу а4 вторичной обмотки трансформатора синхронизации Т5 (контакт В19 разъема XS1 платы ПУ1). Второй канал фазометра подключите к точке 2 сопротивления R1 (контакт С22 разъема XS1 платы ПУ1) относительно общего провода (контрольная точка 1 платы ПУ1). Убедитесь в том, что вносимый фильтром сдвиг составляет 30 электрических градусов, а при необходимости его подстройте путем подбора сопротивления R1 или R19. Аналогичным образом проверьте фазовый сдвиг, вносимый фильтрами в каналах ФИ2 и ФИ3.

4.7. Подключите осциллограф к контрольной точке 4 ФИ. Изменяя напряжение управления на входе УО, убедитесь в наличии ограничения угла управления на уровне $\alpha_{\max} = 160$ электрических градусов и на уровне $\alpha_{\min} = 10$ электрических градусов. В случае необходимости произведите корректировку указанных углов сопротивлениями R39 и R40 соответственно. Подав на вход УО нулевой сигнал управления сопротивлением R26 установите начальный угол управления $\alpha_{\text{нач}} = 120$ электрических градусов.

4.8. Подключите осциллограф к контрольной точке 3 канала ФИ1 и проконтролируйте наличие пилообразного напряжения. Размах опорного напряжения должен составлять не менее 8 В, период – 0,01 с. В случае необходимости установите требуемое значение размаха сменным резистором R12. Установите такой же размах пилообразных опорных напряжений в каналах ФИ2 и ФИ3. Подключите осциллограф к контрольной точке 2 панели ПУ1. Расстояние между соседними импульсами должно быть одинаковым и составлять 60 электрических градусов.

4.9. Подключите осциллограф параллельно сопротивлению R19 усилителя импульсов. Убедитесь в наличии сдвоенных двуполярных управляющих импульсов длительностью не более 10 электрических градусов.

4.10. При помощи осциллографа проверьте работу устройства логики и датчика проводимости в контрольных точках 3, 6...10.

5. Содержание отчета

В отчете необходимо привести наименование и цель работы, чертежи принципиальных схем наиболее значимых элементов систе-

мы управления, результаты предварительных расчетов элементов системы управления, осциллограммы сигналов по каждому пункту работы. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Каковы назначение и состав системы управления ТП якорной цепи электропривода ЭПУ?

2. Как осуществляется синхронизация системы управления ТП якорной цепи?

3. В чем заключается правильный выбор группы соединения обмоток трансформатора синхронизации? Ответ поясните векторными диаграммами напряжений.

4. В чем состоит функция фильтров в канале синхронизации и как осуществить их правильную настройку?

5. Приведите временные диаграммы напряжений питающей сети, вторичной обмотки трансформатора синхронизации, а также напряжения на выходе фильтра.

6. Для чего предназначен и как функционирует переключатель характеристик?

7. Для чего необходимо выполнять ограничение углов отпирания вентилей ТП? Как выбираются величины начального, минимального и максимального углов управления?

8. Опишите принцип действия устройства ограничения углов управления системы управления ТП якорной цепи электропривода ЭТУ (управляющий орган).

9. Опишите функции, выполняемые каналами фазового управления.

10. Опишите назначение внешних элементов, подключаемых к микросборкам DA1...DA3 ячейки № 123А.

11. Приведите временные диаграммы напряжений в контрольных точках канала фазового управления.

12. Расскажите, каким образом происходит выбор группы (комплекта) вентилей, на которые подаются управляющие импульсы.

13. Для чего необходимо формировать сдвоенные импульсы и как это делается в системе управления преобразователя ЭТУ?

14. Для чего и каким образом производится укорочение управляющих импульсов? Чем определяется длительность этих импульсов?

15. Опишите общий порядок операций, выполняемых при наладке системы управления ТП электропривода ЭТУ.

16. В чем заключается операция «симметрирования» системы управления? Какие факторы могут влиять на симметрию управляющих импульсов?

Литература

1. Электроприводы тиристорные унифицированные трехфазные типа ЭТУ2-2...Д УХЛ4 (04) : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.654515.002 ТО.

2. Электроприводы тиристорные унифицированные трехфазные типа ЭТУ2-2...П УХЛ4 (04) : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.654515.003 ТО.

3. Электроприводы тиристорные унифицированные трехфазные типа ЭПУ1-2...Д УХЛ4 (04) : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.654515.004 ТО.

4. Устройство управления БТУ3001 и электроприводы : техн. описание и инструкция по эксплуатации ОЛХ.463.276. ОБК.468.54. Издание 08.

Лабораторная работа № 3

Изучение особенностей функционирования и наладки системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода постоянного тока (часть 2)

1. Цель работы

Целями работы являются:

1. Подробное изучение устройства и принципа действия системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода КТЭ.

2. Изучение типовой методики проведения работ по наладке систем управления комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока.

2. Меры безопасности

Техника безопасности требует обязательного соблюдения нижеприведенных правил:

- К выполнению практической части лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие специальный технический инструктаж и изучившие техническое описание и инструкцию по эксплуатации.

- Электродвигатель, блок управления, сглаживающий и сетевой реакторы, трансформатор, а также контрольно-измерительная аппаратура должны быть заземлены.

- Категорически запрещается вставлять и вынимать ячейки каскады управления под напряжением. Любые действия, связанные с внесением схемных изменений, должны производиться только после отключения электропривода от питающей сети.

- Приступать к выполнению практической части лабораторной работы студенты могут только с разрешения преподавателя.

3. Краткие теоретические сведения

Перед началом выполнения работы внимательно ознакомьтесь с материалом, изложенным в конспекте лекций (раздел 4).

3.1. Назначение и технические характеристики

Система управления предназначена для отдельного управления двухмостовым ТП реверсивного комплектного электропривода и представляет собой электронное устройство, обеспечивающее регулирование выходного напряжения ТП путем изменения углов включения вентилей в функции входного напряжения управления, поступающего из системы регулирования. Система управления имеет следующие технические характеристики:

- диапазон изменения управляющего сигнала $+10 \dots -10$ В;
- диапазон изменения угла управления не менее 170 электрических градусов;
- асимметрия управляющих импульсов не более ± 3 электрических градусов;
- дрейф регулировочной характеристики при изменении температуры окружающей среды от 1 до 40 °С не более ± 4 электрических градусов;
- зависимость угла регулирования от напряжения управления линейная;
- жесткость ограничивающей характеристики не более $0,5$ электрических градусов/В;
- диапазон регулирования минимального угла $5 \dots 90$ электрических градусов;
- диапазон регулирования максимального угла $90 \dots 175$ электрических градусов;
- диапазон регулирования начального угла согласования $60 \dots 130$ электрических градусов;

- длительность выходных импульсов $0,45 \pm 0,15$ мс;
- система управления обеспечивает возможность фазировки в зависимости от схемы соединения обмоток силового трансформатора;
- напряжение питания при номинальном напряжении сети $\pm(24 \pm 4), \pm(12 \pm 3)$ В;
- частота питающей сети 50 ± 1 Гц или $60 \pm 1,2$ Гц;
- надежная работа системы управления обеспечивается при коммутационных провалах и всплесках площадью не более 420 % электрических градусов с длительностью провалов не превышающей 40 электрических градусов;
- величина бестоковой паузы при реверсе тока не более 7 мс;
- обеспечивается возможность работы с одним комплектом системы импульсно-фазового управления на оба направления;
- ток управления не более 5 мА;
- переменная составляющая управляющего сигнала (двойное амплитудное значение) не более 0,05.

3.2. Состав системы управления

Функциональная схема системы управления ТП цепи якоря преобразователя КТЭ представлена на рис. 3.1. В состав системы управления входят:

- ячейка согласования № 102В;
- ячейка каналов фазового управления № 123А;
- две ячейки усилителей № 121;
- трансформатор синхронизации Т;
- ячейка раздельного управления № 125;
- 12 импульсных трансформаторов (на схеме не показаны);
- два блока датчиков состояния клапанов S118 (на схеме не показаны).

Ячейки, входящие в состав системы управления, размещены в кассете управления К102В. Электрическая связь между ячейками осуществляется посредством разъемов, соединенных с помощью объединяющей печатной платы.

Питание ячеек системы управления (кроме ячеек усилителей № 121) в кассете К102В осуществляется ячейкой питания № 702В, установленной в этой же кассете. Кроме этого ячейка № 702В осуществляет питание стабилизированным напряжением блока датчиков состояния клапанов S118, а также ячейки вспомогательных устройств КТЭ, размещенные вне поворотной рамы.

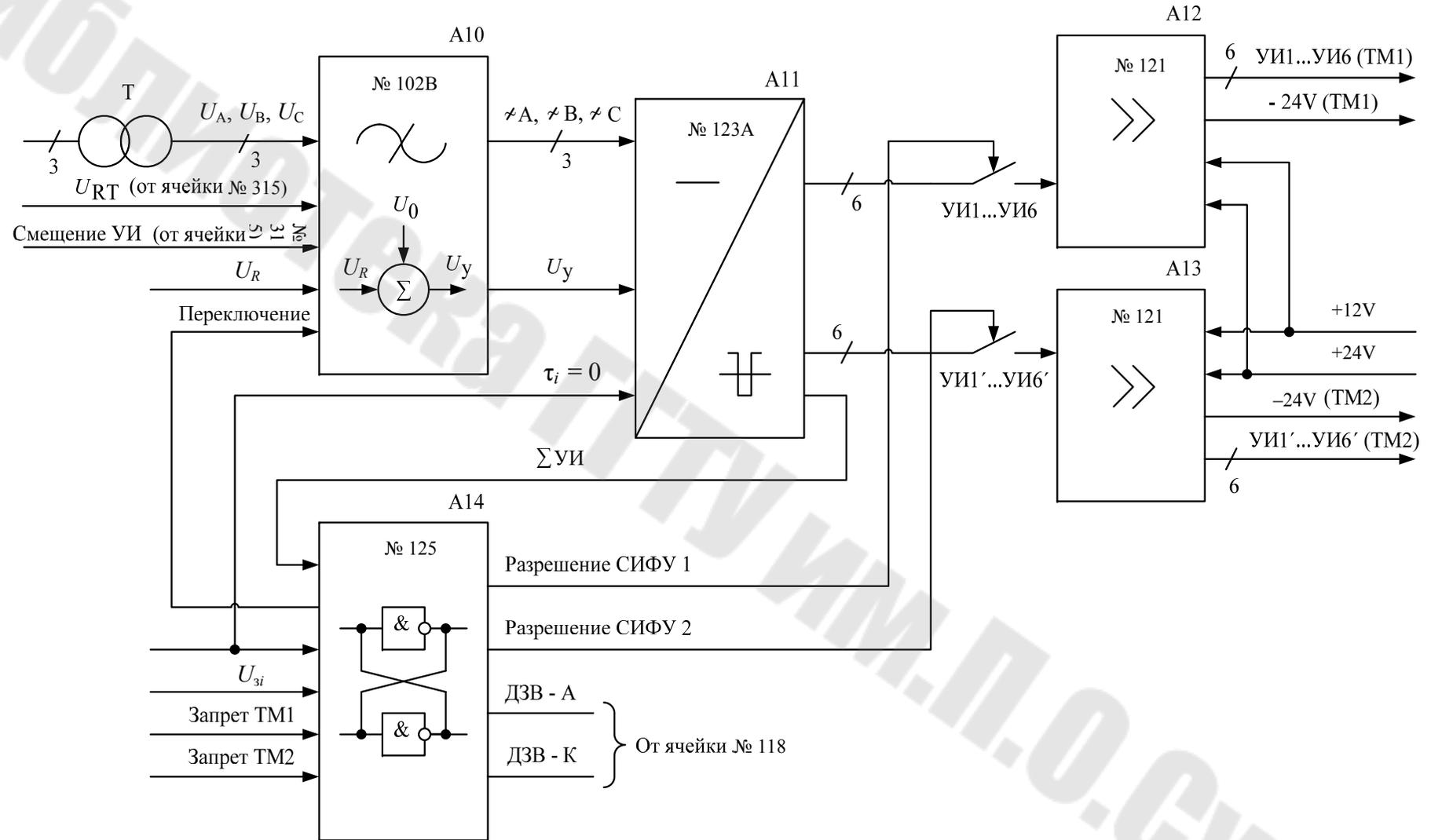


Рис. 3.1. Функциональная схема системы управления (кассета К102В)

Кассета К102В также содержит ячейку контроля питания № 700А, осуществляющую контроль превышения допустимого уровня выходными напряжениями ячейки № 702В и контроль пропадания напряжений плюс 12,6 В и минус 12,6 В в кассете К102В.

Питание ячеек усилителей № 121 осуществляется от источника питания, расположенного в верхней части поворотной рамы (устройство электрическое). Здесь же установлен трансформатор синхронизации Т.

Кассета К102В устанавливается на поворотной раме. Электрическая связь с трансформатором синхронизации, импульсными трансформаторами, датчиками состояния вентиля и другими устройствами КТЭ осуществляется с помощью разъемов.

Для контроля параметров системы управления на лицевых панелях ячеек кассеты К102В установлены контрольные гнезда.

Импульсные трансформаторы размещены в шкафу непосредственно возле силовых тиристоров. Соединение импульсных трансформаторов с кассетой К102В осуществляется с помощью проводного монтажа.

4. Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы № 3 необходимо выполнить следующие условия:

4.1. Внимательно ознакомьтесь с устройством и принципом действия системы управления ТП комплектного тиристорного электропривода КТЭ.

4.2. Получив разрешение преподавателя, произведите включение системы управления ТП (без подачи силового напряжения на тиристорный преобразователь).

4.3. Проконтролируйте, а при необходимости скорректируйте величины стабилизированных напряжений +13,6 В, -13,6 В, +5 В с точностью не хуже $\pm 0,1$ В (желательно использовать вольтметр с цифровой индикацией и входным сопротивлением не менее 1 МОм).

При помощи осциллографа проконтролируйте величину пульсаций указанных напряжений. Она не должна превышать 5 мВ.

Проконтролируйте наличие нестабилизированных напряжений +24 В и -24 В.

4.4. При помощи осциллографа или фазометра проверьте фазовый сдвиг, вносимый фильтрами ячейки № 102В. Для этого один канал фазометра (осциллографа) подключите к гнезду Х9 (выход трансформатора синхронизации), а второй – к гнезду Х6 (выход фильтра) относительно общего провода М1 (гнездо «0V» ячейки № 702В). Убедитесь в том, что

вносимый фильтром сдвиг составляет 90 электрических градусов, а при необходимости подстройте его сопротивлением R9. Аналогичным образом проверьте фазовый сдвиг, вносимый фильтрами в соседних каналах.

4.5. Установите необходимую крутизну фронтов трапецеидального синхронизирующего напряжения. Для этого необходимо подключить осциллограф поочередно к гнездам X6, X5, X4 ячейки № 102В и регулируя потенциометрами R1, R2, R3 амплитуды синусоидальных напряжений, поступающих с трансформатора синхронизации, установить необходимый наклон (крутизну) фронтов.

4.6. При помощи осциллографа проверьте фазировку вторичных напряжений трансформатора синхронизации Т системы управления ТП. При этом необходимо иметь в виду, что группа соединения обмоток трансформатора синхронизации Т выбирается таким образом, чтобы напряжения синхронизации фаз А, В и С на гнездах X6, X5, X4 ячейки № 102В совпадали по фазе с линейными напряжениями АС, ВА и СВ тиристорного моста соответственно.

4.7. Подключите осциллограф к гнезду X3 ячейки № 102В. Изменяя напряжение управления U_R на входе ячейки (гнездо X2), убедитесь в наличии ограничения угла управления на уровне $\alpha_{\max} = 150$ электрических градусов и на уровне $\alpha_{\min} = 20$ электрических градусов. В случае необходимости произведите корректировку указанных углов сопротивлениями R28 и R31 соответственно. Подав на вход U_R нулевой сигнал управления сопротивлением R26, установите начальный угол управления $\alpha_0 = 110$ электрических градусов.

4.8. Подключите осциллограф к гнезду X7 ячейки № 123А и проконтролируйте наличие пилообразного напряжения. Размах опорного напряжения должен составлять не менее 8 В, период – 0,01 с. В случае необходимости установите требуемое значение размаха подстроечным резистором R9. Установите такой же размах пилообразных опорных напряжений на гнездах X6 и X5 сопротивлениями R10 и R11 соответственно. Подключите осциллограф к гнезду X4 ячейки № 123А. Расстояние между соседними импульсами должно быть одинаковым и составлять 60 электрических градусов. В противном случае необходимо добиться одинакового расстояния между импульсами сопротивлениями R10 и R11.

4.9. Подключите осциллограф к гнездам X2 и X3 ячейки № 123А. Убедитесь в наличии двояных управляющих импульсов длительностью $0,45 \pm 0,1$ мс.

5. Содержание отчета

В отчете необходимо привести наименование и цель работы, чертежи принципиальных схем наиболее значимых элементов системы управления ТП электропривода КТЭ, временные диаграммы сигналов во всех контрольных точках (гнездах) системы управления ТП электропривода КТЭ. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Каковы назначение и состав системы управления ТП якорной цепи электропривода КТЭ?
2. Как осуществляется синхронизация системы управления ТП якорной цепи?
3. В чем заключается правильный выбор группы соединения обмоток трансформатора синхронизации? Ответ поясните векторными диаграммами напряжений.
4. В чем состоит функция фильтров в канале синхронизации (ячейка № 102В) и как осуществить их правильную настройку?
5. Приведите временные диаграммы напряжений питающей сети, первичной обмотки трансформатора синхронизации, а также напряжения на гнездах X6 и X9 ячейки № 102В.
6. Для чего предназначен и как функционирует переключатель характеристик?
7. Для чего необходимо выполнять ограничение углов отпирания вентилей ТП? Как выбираются величины начального, минимального и максимального углов управления?
8. Опишите принцип действия устройства ограничения углов управления системы управления ТП якорной цепи электропривода КТЭ.
9. Опишите функции, выполняемые каналами фазового управления.
10. Опишите назначение внешних элементов, подключаемых к микросборкам DA1...DA3 ячейки № 123А.
11. Приведите временные диаграммы напряжений на гнездах ячейки № 123А.
12. Расскажите, каким образом происходит выбор группы (комплекта) вентилей на которые подаются управляющие импульсы.
13. Для чего необходимо формировать двоянные импульсы и как это делается в ячейке № 123А?
14. Для чего и каким образом производится укорочение управляющих импульсов? Чем определяется длительность этих импульсов?

15. Опишите общий порядок операций, выполняемых при наладке системы управления ТП электропривода КТЭ.

16. В чем заключается операция «симметрирования» системы управления? Какие факторы могут влиять на симметрию управляющих импульсов?

Литература

1. Электропривод КТЭ. Система защиты и сигнализации : техн. описание и инструкция по эксплуатации ЗЕИ.099.261 Т017.

2. Бригиневич, Б. В. Наладка тиристорных электроприводов / Б. В. Бригиневич, А. К. Голованов. – М. : Энергоатомиздат, 1991.

3. Гусев, В. Г. Электроника : учеб. пособие для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 2-е изд. – М. : Высш. шк., 1991. – 622 с.

4. Аналоговая и цифровая электроника / Ю. Ф. Опачий [и др.]. – М. : Радио и связь, 1996. – 768 с.

Лабораторная работа № 4

Изучение особенностей функционирования и наладки системы регулирования комплектного тиристорного электропривода постоянного тока

1. Цель работы

Целями работы являются:

1.1. Подробное изучение устройства и принципа действия типовой системы регулирования комплектных тиристорных электроприводов типа ЭПУ, БТУ, ЭТУ, ЭТ.

1.2. Изучение типовой методики проведения работ по наладке систем регулирования комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока.

2. Меры безопасности

Техника безопасности требует обязательного соблюдения нижеприведенных правил:

- К выполнению практической части лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие специальный технический инструктаж и изучившие техническое описание и инструкцию по эксплуатации.
- Электродвигатель, блок управления, сглаживающий и сетевой реакторы, трансформатор, а также контрольно-измерительная аппаратура должны быть заземлены.

- Категорически запрещается вставлять и вынимать панели управления под напряжением. Любые действия, связанные с внесением схемных изменений, должны производиться только после отключения электропривода от питающей сети.

- Приступать к выполнению практической части лабораторной работы студенты могут только с разрешения преподавателя

3. Краткие теоретические сведения

Перед началом выполнения работы внимательно ознакомьтесь с материалом, изложенным в конспекте лекций (разделы 5.1, 5.4, 5.6).

На рис. 4.1 приведена функциональная схема двухзонного электропривода ЭТУ2-2...Д.

Электропривод состоит из блока преобразователя БС3402...Д, электродвигателя постоянного тока М с обмоткой возбуждения ОВМ и со встроенным тахогенератором ВR, блока предохранителей U1, коммутационного реактора L1, блока ввода U3, задатчика скорости R1.

Силовая часть блока преобразователя БС3402...Д включает тиристорный преобразователь якоря (ТПЯ), выполненный по трехфазной мостовой реверсивной схеме и тиристорный преобразователь возбуждения (ТПВ), выполненный по однофазной мостовой нереверсивной схеме.

Управление ТПЯ осуществляется от трехканальной системы управления, содержащей формирователи импульсов ФИ1...ФИ3.

С целью обеспечения высокого быстродействия и универсальности для реверсивного двухзонного электропривода принята схема с реверсом тока якоря и нереверсивным однофазным возбудителем. Система регулирования содержит канал регулирования напряжения якоря и канал регулирования потока и ЭДС двигателя.

Канал регулирования напряжения якоря выполнен по одноконтурной схеме с ПИ – регулятором скорости (РС). Для улучшения динамических характеристик электропривода на вход управляющего органа (УО) введена отрицательная обратная связь по току якоря двигателя, уровень которой можно изменять сменным сопротивлением R97*.

Управляющий орган служит для согласования выхода системы регулирования со входом системы управления и позволяет переменными сопротивлениями R26, R39, R40 установить соответственно начальный, максимальный и минимальный углы отпираания тиристоров.

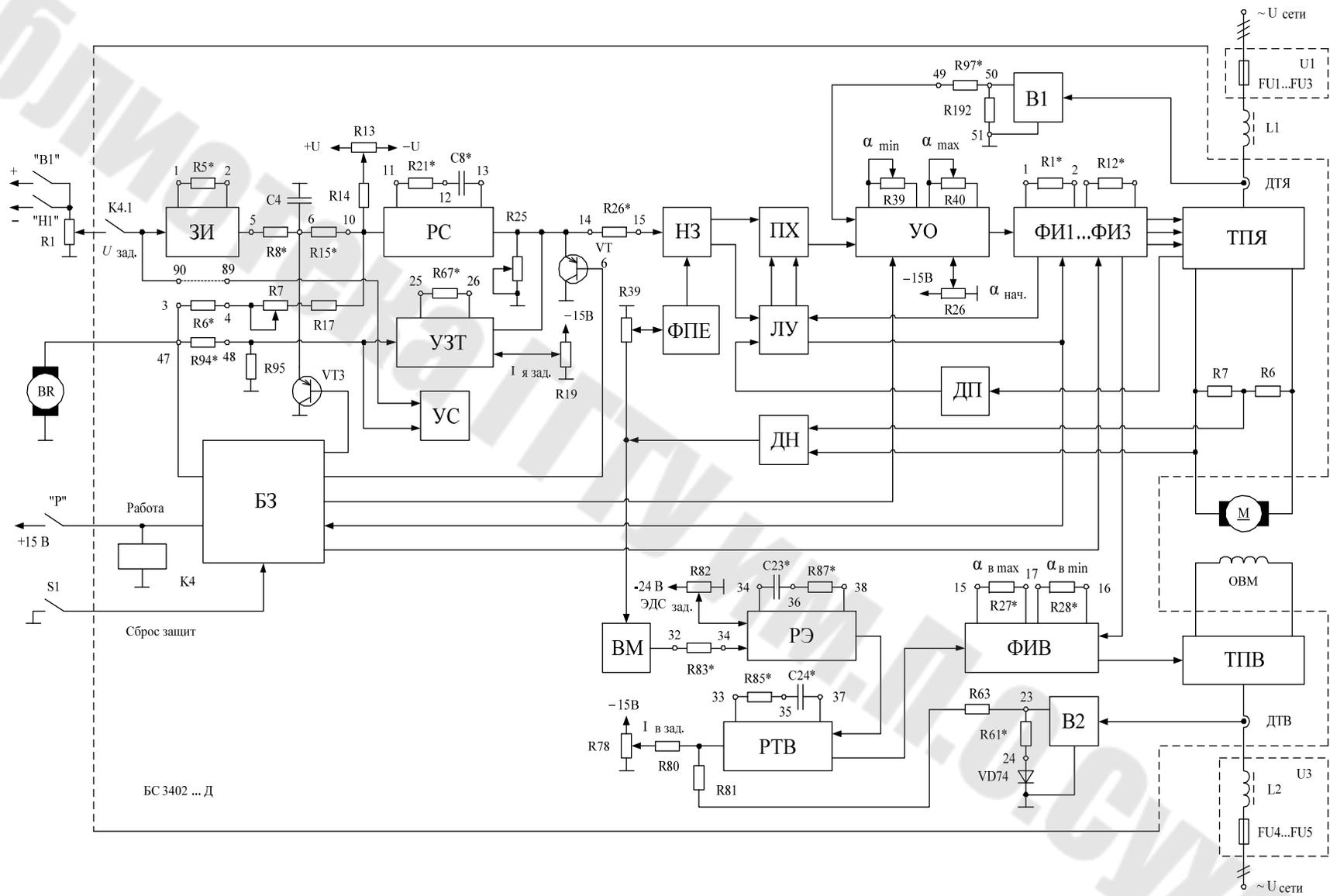


Рис. 4.1. Функциональная схема двухзонного электропривода ЭТУ2-2...Д

Переключение импульсов управления между комплектами вентиля «Вперед» и «Назад» ТПЯ производится блоком логического устройства (ЛУ), которое работает в функции сигнала заданного направления тока с выхода нелинейного звена (НЗ) и сигнала, поступающего с датчика проводимости (ДП) вентиля.

Нелинейное звено и функциональный преобразователь ЭДС (ФПЭ) с резистором R39 образуют устройство линеаризации характеристик электропривода.

Коэффициент передачи НЗ обратно пропорционален коэффициенту передачи ТПЯ в режиме прерывистого тока. Коэффициент передачи ФПЭ имеет зависимость обратную регулировочной характеристике ТП в режиме непрерывного тока и компенсирует внутреннюю отрицательную обратную связь по ЭДС двигателя. С помощью устройства линеаризации осуществляется поддержание примерно одинакового коэффициента усиления линеаризованного таким образом преобразователя.

Для согласования реверсивного (двуполярного) сигнала на выходе НЗ с нереверсивной регулировочной характеристикой УО служит переключатель характеристик (ПХ), управляемый логическим устройством ЛУ (ключи «В» и «Н»).

Канал регулирования потока и ЭДС двигателя содержит задатчик тока возбуждения – сопротивление R78, ПИ-регулятор тока возбуждения (РТВ), ПИ-регулятор ЭДС (РЭ) с задатчиком ЭДС R82, формирователь импульсов возбуждения (ФИБ). Элементы коррекции РТВ R85*, C24* и элементы коррекции РЭ R87*, C23* можно менять в процессе наладки.

Сигнал задания тока возбуждения ($I_{в.зад}$) с переменного сопротивления R78 через резистор R80 поступает на регулятор тока возбуждения. Сигнал отрицательной обратной связи по току возбуждения снимают с датчика тока (ДТВ) через сопротивления R63 и R81.

Управляющий сигнал с выхода РТВ поступает на формирователь импульсов возбуждения, где происходит его сравнение с пилообразным опорным напряжением, поступающим с одного из каналов фазового управления цепи якоря (с ФИ1).

Сопротивлениями R27* и R28* устанавливают соответственно максимальный и минимальный углы отпирания тиристоров возбуждателя.

На входе РЭ сравниваются сигнал задания ЭДС ($E_{зад}$) и сигнал отрицательной обратной связи по напряжению двигателя, поступающий с выхода ДН через выпрямитель В. Электропривод выполнен по зависимому от напряжения на якоре принципу регулирования скоро-

сти. Сопротивлением R79 на входе РТВ задается величина минимального тока возбуждения двигателя.

Блок защиты (БЗ) осуществляет блокировку сигнала на выходе РС, задающего сигнала на входе РС, управляющих импульсов. Блокировка задающего сигнала на входе РС осуществляется транзистором VT3 при превышении скоростью значения n_{\max} . Управление транзистором VT6, включенным на выходе РС, осуществляется в функции скорости и состояния контактов в цепи «Работа». При равенстве нулю скорости двигателя и отключении «Р» происходит закорачивание выхода РС через открытый транзистор VT6.

4. Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы № 4 необходимо выполнить следующие действия:

4.1. Подайте отдельным автоматом напряжения питания на систему управления и цепь возбуждения. При этом на плате управления ПУЗ должны загореться светодиоды: VD34 – «Система управления включена»; VD52 – « Σ »; VD70 – «Исчезновение силовой сети».

Проконтролируйте ток возбудителя и, при необходимости, отрегулируйте его сопротивлением R78 на плате ПУЗ.

4.2. Подайте напряжение питания на силовую часть. При этом на плате ПУЗ должны погаснуть светодиоды VD52 и VD70.

Установите на выходе датчика скорости сигнал $U_{\text{зад}} = 0$.

4.3. Подайте сигнал «Работа». При правильной полярности подключения тахогенератора скорость двигателя останется равной нулю. При неправильной полярности – скорость начнет возрастать до максимального значения. В последнем случае необходимо отключить привод и поменять полярность подключения тахогенератора.

4.4. Подключите потенциальный вход осциллографа к выходу датчика тока (контрольная точка 50), а корпусной вход – к общей точке 51 (см. рис. 4.1) платы ПУЗ.

Зафиксируйте на экране осциллографа наличие тока в якорной цепи двигателя. Если на осциллограмме тока якоря наблюдаются значительные выбросы, имеют место «рывки» двигателя, то необходимо подстроить начальный угол отпираания тиристорov $\alpha_{\text{нач}}$ резистором R26 на плате ПУ1.

Осциллограмму тока приведите в отчете.

4.5. Обеспечьте максимальную скорость привода при максимальном задающем сигнале $U_{\text{зад}} = 10$ В резисторами в цепи тахогене-

ратора R6* и R7. При этом напряжение в контрольной точке 25 (УЗТ) должно составлять около 10 В. При необходимости это значение корректируется сопротивлением R94.

Предварительно наладочным задатчиком скорости установите напряжение на якоре двигателя ориентировочно 150 В для исполнения привода, рассчитанного на 230 В или 350 В – для исполнения на 460 В. Контролируя ток якоря амперметром и по осциллографу, осуществите реверс двигателя.

Сопротивлением R39 (ФПЭ) платы ПУЗ необходимо добиться близкой к прямоугольной формы тока якоря в режимах реверса при зашунтированном сопротивлении R5* (исключается влияние ЗИ).

Осциллограмму тока якоря двигателя при реверсе приведите в отчете.

4.6. Установите по двигателю требуемый ток отсечки (для электродвигателей 4ПФ – $(1,5...2,0)I_{я.ном}$) сопротивлением R25 платы ПУЗ, контролируя сигнал с датчика тока якоря осциллографом в режиме реверса на скоростях, несколько меньших номинальной. Например, для исполнения, рассчитанного на 460 В, реверсируйте двигатель при $U_{я} = 350$ В.

Задатчиком скорости плавно разгоняйте двигатель. Для исполнения на 230 В, при напряжении на якоре 220 В должно начаться снижение тока возбуждения (переход во вторую зону регулирования).

Для исполнения на 460 В снижение тока возбуждения должно начаться при 390...400 В. При необходимости, отрегулируйте переход во вторую зону сопротивлением R82 (РЭ) платы ПУЗ. Скорость двигателя при этом будет близка к номинальной.

4.7. Разгоните двигатель до скорости примерно $2n_{ном}$ и, переключив осциллограф в точку 13, проконтролируйте форму напряжения на выходе регулятора скорости РС в режиме реверса.

При необходимости добейтесь снижения напряжения на выходе РС сопротивлением R19 платы ПУЗ (регулируется момент вступления УЗТ в работу).

Осциллограмму напряжения на выходе регулятора скорости привести в отчете.

4.8. Установите задатчик скорости в положение «0» и отрегулируйте «настройку нуля» сопротивлением R13, добиваясь исключения самохода двигателя.

Снимите шунтирующую перемычку с сопротивления R5* платы ПУЗ и установите требуемый темп разгона привода, подбирая величину сопротивления R5* в пределах до 470 кОм.

Параметры корректирующих элементов ($C8^*$, $R21^*$, $R97^*$) подбираются из условий оптимизации переходных процессов электропривода. При этом увеличение сопротивления $R97^*$ приводит к возрастанию токовой отсечки и наоборот.

Увеличение сопротивления $R21^*$ до 100...200 кОм повышает быстродействие системы регулирования там, где требуется повышенное быстродействие главного привода.

При наличии в двигателе встроенного терморезистора переключку 61-44 на плате ПУЗ следует снять.

5. Содержание отчета

В отчете необходимо привести наименование и цель работы, чертежи принципиальных схем наиболее значимых элементов системы регулирования, результаты расчета параметров элементов системы регулирования для выданного преподавателем варианта, осциллограммы сигналов, указанные в п. 4 работы. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте описание узлов функциональной схемы электропривода ЭТУ2-2...Д. Кратко опишите назначение регулировочных элементов.
2. Для чего необходимо и как осуществляется ограничение тока якоря двигателя в режимах пуска, торможения и реверса?
3. Объясните необходимость применения узла зависимого токоограничения. Поясните назначение сменных и подстроечных элементов УЗТ.
4. Поясните принцип линеаризации характеристик ТПЯ с применением НЗ и ФПЭ.
5. Как правильно выполнить настройку ФПЭ и НЗ?
6. Объясните, каким образом обеспечивается постоянство ускорения при использовании датчика интенсивности. Как рассчитать его параметры?
7. Как обеспечить необходимый коэффициент передачи канала обратной связи за счет входных сопротивлений регулятора (установка необходимого диапазона скорости)?
8. Поясните назначение элементов обвязки регулятора скорости и методику настройки контура скорости.
9. Чем объясняется наличие узла соответствия в приводе с индексом «Д» и отсутствие этого узла в приводе с индексом «П»? Как он действует?

10. Каким образом осуществляется регулирование тока возбуждения в первой и во второй зонах? Как правильно выполнить настройку потенциометров R78, R82 (рис. 4.1)? Для чего необходимы резисторы R83*, R38*, R61*?

11. Из чего складывается сопротивление якорной цепи привода? Опишите физический смысл составляющих. Будут ли отличаться сопротивления в режимах непрерывного и прерывистого тока?

12. Объясните, как определить параметры элементов обратных связей РТВ и РЭ?

13. Поясните принцип действия системы регулирования на примере пуска привода на максимальную скорость.

14. Объясните, как произвести экспериментальное определение постоянных времени привода.

15. Как влияют величины сопротивлений R97* и R21* на работу привода? Почему?

16. Опишите порядок операций при настройке системы регулирования.

17. Как влияет наличие положительной обратной связи по ЭДС (ФПЭ) на учет влияния внутренней обратной связи по ЭДС двигателя?

Литература

1. Башарин, А. В. Управление электроприводами : учеб. пособие для вузов / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Л. : Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с.

2. Устройство управления БТУ3001 и электроприводы : техн. описание и инструкция по эксплуатации ОЛХ.463.276. ОБК.468.54. Издание 08.

3. Электроприводы комплектные типа ЭТУ3601Д : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.656442.027 ТО.

4. Электроприводы тиристорные унифицированные трехфазные типа ЭПУ1-2...Д УХЛ4 (04) : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.654515.004 ТО.

5. Электроприводы тиристорные унифицированные трехфазные типа ЭТУ2-2...Д УХЛ4 (04) : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.654515.002 ТО.

6. Электроприводы тиристорные унифицированные трехфазные типа ЭТУ2-2...П УХЛ4 (04) : техн. описание и инструкция по эксплуатации ИГЕВ.654515.003 ТО.

Лабораторная работа № 5

Система защиты и сигнализации комплектного тиристорного электропривода постоянного тока

1. Цель работы

Целями работы являются:

1.1. Подробное изучение устройства и принципа действия системы защиты и сигнализации комплектных тиристорных электроприводов серии КТЭ.

1.2. Изучение методики проведения работ по наладке и диагностике системы защиты и сигнализации комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока.

2. Меры безопасности

Техника безопасности требует обязательного соблюдения нижеприведенных правил:

- К выполнению практической части лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие специальный технический инструктаж и изучившие техническое описание и инструкцию по эксплуатации.

- Электродвигатель, блок управления, сглаживающий и сетевой реакторы, трансформатор, а также контрольно-измерительная аппаратура должны быть заземлены.

- Категорически запрещается вставлять и выдвигать ячейки в каскаде преобразователя и элементы сигнализации под напряжением. Любые действия, связанные с внесением схемных изменений, должны производиться только после отключения электропривода от питающей сети.

- Приступать к выполнению практической части лабораторной работы студенты могут только с разрешения преподавателя.

3. Краткие теоретические сведения

Перед выполнением работы внимательно изучите материал, изложенный в конспекта лекций (разделы 6.1 и 6.3).

4. Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы № 5 необходимо выполнить следующие действия:

4.1. Используя принципиальные схемы [1], ознакомьтесь с устройством и особенностями наладки и диагностики системы защиты и сигнализации преобразователя КТЭ.

4.1.1. Перед началом работы проверьте наличие всех ячеек, входящих в состав кассеты, состояние разъемов, надежность крепления деталей, состояние лакокрасочных покрытий, убедитесь в отсутствии механических повреждений контактов и их коррозии. Вставлять и выдвигать ячейки в кассете необходимо без резких движений и усилий, чтобы не повредить разъемы.

Включите автоматический выключатель «Автомат собственных нужд». При этом на шкафу КТЭ должна загореться сигнальная лампа «Напряжение собственных нужд». Нажмите кнопку «U1» на лицевой панели ячейки контроля питания № 700А кассеты управления.

Проверьте величины напряжения непосредственно на шинах питания «+24 В» и «-24 В», расположенных с правой стороны кассеты защиты и сигнализации. Величина напряжения должна быть соответственно (24_{-2}^{+8}) В и минус (24_{-2}^{+8}) В. Проверку необходимо производить вольтметром цифровым универсальным В7-27А или другими, имеющими не большую погрешность измерения.

Проверьте также наличие и величину напряжения на гнездах «+12 В», «-12 В» ячейки питания № 702В и на гнездах «Р» и «N» ячейки № 700А. Величины этих напряжений должны быть $(12,6 \pm 0,1)$ В, минус $(12,6 \pm 0,1)$ В и $(13,5 \pm 0,1)$ В, минус $(13,5 \pm 0,1)$ В соответственно. В случае отклонения указанных напряжений установите их величины потенциометрами R14, R17 ячейки № 702В и R7 «+U», R8 «-U» ячейки № 700А.

4.1.2. Проверьте функционирование канала формирования общего аварийного сигнала. Установите сигнал «U_R» (гнездо ячейки № 102) равным нулю. Нажмите последовательно на лицевой панели ячейки № 617 кассеты управления кнопки «Сброс», «Пров.» и «Опрос». На двери шкафа должна гореть сигнальная лампа «аварийное отключение», а на лицевой панели ячейки № 000 кассеты управления светоизлучающие диоды «1»...«12».

При этом должно произойти смещение управляющих импульсов в инверторный режим с углом α_{\max} . В реверсивных КТЭ контроль управляющих импульсов можно осуществлять на гнездах «УИ1» и «УИ1'» ячейки № 123А для моста ТМ1 и ТМ2 соответственно. Смещение управляющих импульсов контролируйте только в неревверсивных исполнениях КТЭ на гнезде «УИ1» ячейки № 123, так как в реверсивных КТЭ в кассете фазосмещающих устройств происходит дополнительно блокирование управляющих импульсов по каналу отдельного управления.

Блокирование управляющих импульсов осуществляется за счет обрыва питания импульсных трансформаторов и выходных каскадов, а в реверсивных КТЭ дополнительно по каналу отдельного управления. Контроль осуществляется на управляющих электродах тиристоров.

Нажмите кнопку «Сброс» ячейки № 617. Сигнальная лампа «Аварийное отключение» на двери шкафа и светоизлучающие диоды «1»...«12» на лицевой панели ячейки № 000 должны погаснуть. Импульсы управления должны возвратиться в область, соответствующую углам согласования.

4.1.3. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации при аномальных режимах в сети собственных нужд. Для этого предварительно измерьте величину порогового напряжения на гнезде « $U_{пор}$ » лицевой панели ячейки № 501В и при необходимости произведите регулировку переменным резистором R9 этой ячейки.

Отключите выключатель «Автомат собственных нужд» и выньте предохранитель F1 устройства электрического в верхней части поворотной рамы шкафа КТЭ. Включите выключатель «Автомат собственных нужд». Нажмите последовательно кнопки «U1» на лицевой панели ячейки № 700А и «сброс» на лицевой панели ячейки № 617. На лицевой панели ячейки № 000 должен гореть светоизлучающий диод «5» – «с.н.» (собственные нужды) и сигнальная лампа «Аварийное отключение» на двери шкафа КТЭ. Отключите выключатель «Автомат собственных нужд» и вверните предохранитель F1.

4.1.4. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации при превышении максимально-допустимого или понижении ниже максимально-допустимого тока возбуждения двигателя¹.

Для выполнения проверки установите перемычку между проводами «1023» и «1251» (блок-контакт выключателя на стороне переменного тока). Включите выключатель «Автомат собственных нужд». Нажмите последовательно кнопки «U1» на лицевой панели ячейки № 700А, «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617, «Готов» на лицевой панели ячейки № 315. На двери шкафа КТЭ должна загореться сигнальная лампа «Готовность КТЭ». Включите выключатель Q5 «Автомат цепей вспомогательных устройств» системы питания вспомогательных устройств. Проконтролируйте наличие тока возбуждения двигателя в пределах 0,8...1,1 от номинального. Включите выключатель на стороне постоянного тока.

¹ Данную проверку необходимо производить для преобразователей, имеющих в своем составе устройство питания обмотки возбуждения двигателя.

Нажмите кнопки «Пров.» и «Опрос» на лицевой панели ячейки № 617. При этом на лицевой панели ячейки № 000 должны загореться светоизлучающие диоды «1»...«12» и сигнальная лампа «аварийное отключение» на двери шкафа КТЭ. Выключатель на стороне постоянного тока должен отключиться. Ток возбуждения, контролируемый по прибору «ток возбуждения» на двери шкафа КТЭ, должен снизиться до нуля.

Нажмите кнопки «Сброс» и «Готов». Показания амперметра «Ток возбуждения» должны быть в пределах $0,8 \dots 1,1$ от номинального. При этом светоизлучающие диоды и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть, а лампа «Готовность КТЭ» должна гореть.

Включите автоматический выключатель на стороне постоянного тока. Установите с помощью переменного резистора R21 – « I_{\min} » ячейки шунтирования № 215 (в исполнениях КТЭ со структурой регулирования 01 резистором R22 « I_f » ячейки №209) кассеты регулирования ток $1,25I_n$. Выключатель на стороне постоянного тока должен отключиться, а на шкафу КТЭ должна загореться сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «б» – $I_{d \max}$ на лицевой панели ячейки контроля № 000. Лампа «Готовность КТЭ» должна погаснуть. При необходимости произвести регулировку порога срабатывания переменным резистором R32 ячейки № 311.

Поверните шлиц переменного резистора R21 – « I_{\min} » ячейки шунтирования № 215 (в КТЭ со структурой регулирования 01 шлиц переменного резистора R22 « I_f » ячейки № 209) в сторону регулирования тока возбуждения до значения близкого к номинальному. Нажмите кнопки «Сброс» и «Готов». Включите выключатель на стороне постоянного тока. Установите ток возбуждения, равный $0,7I_n$. Выключатель на стороне постоянного тока должен отключиться. При этом на двери шкафа КТЭ должна загореться сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «10» – $I_{d \max}$ на лицевой панели ячейки № 000. Лампа «Готовность КТЭ» должна погаснуть. При необходимости произведите регулировку порога срабатывания переменным резистором R24 ячейки № 501В. Установите номинальный ток возбуждения. Нажмите кнопку «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617.

4.1.5. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации от аварийной перегрузки тиристоров по среднеквадратичному току. Для этого установите перемычку между гнездом «+12 V» ячейки питания № 702В и гнездом «2*» ячейки № 311 кассеты управления.

Снимите фастон-контакты со штекеров X2, X3 блока датчика выпрямленного тока S402 (A22). Подайте на вход датчика S402 (штекера X2, X3) напряжение от прибора типа «Потенциометр постоянного тока» ПП63, определяемое по формуле

$$U_{\text{вх}} = 75 \frac{I_{dH}}{I_{\text{ш.н}}}, \text{ мВ}, \quad (5.1)$$

где $U_{\text{вх}}$ – напряжение, подаваемое на вход датчика S402A; I_{dH} – номинальный выпрямленный ток преобразователя КТЭ; $I_{\text{ш.н}}$ – номинальный ток шунта выпрямленного тока.

Измерьте с помощью вольтметра В7-27А или аналогичного величину напряжения на гнезде X4 «D» датчика S402 (A22). Она должна составлять $(3,8 \pm 0,5)$ В. Измерьте величину напряжения на гнезде «|I_d|» лицевой панели ячейки № 314. Она должна составлять $(3,9 \pm 0,1)$ В. При необходимости произведите подстройку переменным резистором R6 ячейки № 314.

Установите на входе датчика S402 (A22) выпрямленного тока напряжение от внешнего источника, равное $1,5U_{\text{вх}}$. На лицевой панели ячейки № 314 должен загореться светоизлучающий диод «I_n>». В противном случае необходимо произвести подстройку переменным резистором R21 ячейки № 501В.

Отключите внешний источник. Установите напряжение, равное $1,75U_{\text{вх}}$. Подключите его ко входу датчика. С помощью секундомера типа С1-2а или другого измерьте время от момента подключения напряжения ко входу датчика до момента, когда на двери шкафа КТЭ загорится сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «I2» – I^2t на лицевой панели ячейки № 000. Время должно составлять (70 ± 10) с. При необходимости произведите регулировку переменным резистором R49 ячейки № 314. Отключите внешний источник от входа датчика выпрямленного тока S402 (A22). Нажмите кнопку «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617. Светоизлучающий диод «I2» и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть.

4.1.6. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации при превышении максимально-допустимого времени стоянки двигателя под током. Для этого снимите перемычку между гнездом «0 V» ячейки питания № 702В и гнездом «2» ячейки № 311. Установите на входе датчика выпрямленного тока S402A (A22) от внешнего источника напряжение, равное $0,5U_{\text{вх}}$.

На лицевой панели ячейки должен загореться светоизлучающий диод Н1 «п». В противном случае произведите подстройку с помощью переменного резистора R5. С помощью секундомера СИ-2а или аналогичного измерьте время от момента загорания светоизлучающего диода Н1 «п» до момента, когда на двери шкафа КТЭ загорится сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «З» – «п» (стоянка двигателя под током) на лицевой панели ячейки № 000. Время задержки должно составлять (35 ± 10) с. При необходимости произведите подстройку переменным резистором R34 ячейки № 314.

Отключите внешний источник от входа датчика тока S402A. Нажмите кнопку «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617. Светоизлучающий диод «З» и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть. Подключите фастон-контакты к штекерам X2, X3 блока датчика S402 (A22).

4.1.7. Проверьте функционирование защиты и сигнализации при превышении допустимого тока динамического торможения¹. Для этого снимите фастон-контакты со штекеров X2, X3 блока датчика S402A устройства динамического торможения. Подайте на вход датчика (штекеры X2, X3) от внешнего источника типа «Потенциометр постоянного тока» ПП63 напряжение, определяемое по (5.1), где $I_{ш.н}$ – номинальный ток шунта цепи динамического торможения.

При этом на шкафу КТЭ должны загореться сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «11» – $I_{д.т}$ на лицевой панели ячейки № 000. При необходимости можно произвести регулировку переменным резистором R10 ячейки № 311.

Измерьте величину напряжения с помощью вольтметра В7-27А или аналогичного на выходе датчика динамического торможения S402A (гнездо X4 «D»). Она должна составлять $(1,3 \pm 0,5)$ В.

Отключите внешний источник от входа датчика тока динамического торможения S402A. Нажмите кнопку «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617. Светоизлучающий диод «11» и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть. Подключить фастон-контакты к штекерам X2, X3 блока датчика S402A.

4.1.8. Проверьте функционирование канала контроля предохранителей системы защиты от перенапряжений. Для этого отключите выключатель «Автомат собственных нужд». Установите ранее снятую перемычку между клеммником ХТ22:3 и клеммником ХТ22:4 (см. п. 3).

¹Проверку необходимо выполнять для исполнений КТЭ, имеющих в своем составе устройство динамического торможения.

Включите выключатель «Автомат собственных нужд». Нажмите кнопки «U1» на лицевой панели ячейки № 700А и «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617.

На шкафу КТЭ должна гореть сигнальная лампа «Аварийное отключение», а на лицевой панели ячейки № 000 – светоизлучающий диод «9». Отключите выключатель «Автомат собственных нужд». Снимите один конец перемычки 3-4 на клеммнике ХТ22.

4.1.9. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации при недопустимом снижении тока возбуждения тахогенератора. Выньте предохранители FU1 и FU2 в устройстве питания обмотки возбуждения тахогенератора. Включите автоматический выключатель «Автомат собственных нужд». Нажмите последовательно кнопки «U1» на лицевой панели ячейки контроля питания № 700А и «Сброс» на лицевой панели ячейки памяти № 617. На шкафу КТЭ должна гореть сигнальная лампа «Аварийное отключение», а на лицевой панели ячейки № 000 – светоизлучающий диод «2» – $I_{в.тг}$. Отключите выключатель «Автомат собственных нужд», вставить предохранители FU1, FU2.

4.1.10. Проверьте функционирование канала выделения сигнала первой неисправности.

Для этого установите перемычку на клеммнике ХТ10 между клеммой «7» (провод 1812) и клеммой «3» (провод 1220). Должна загореться лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «1» – n_{max} на лицевой панели ячейки контроля № 000.

Снимите перемычку. Нажмите кнопку «Пров.» на лицевой панели ячейки № 617. Состояние светоизлучающих диодов на лицевой панели ячейки № 000 не должно измениться. Нажмите кнопку «Опрос» на лицевой панели ячейки № 167. На лицевой панели ячейки № 000 должны гореть все светоизлучающие диоды. Нажмите кнопку «Сброс». Лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающие диоды должны погаснуть.

4.1.11. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации при превышении мгновенным значением тока предельной величины для данного преобразователя. Для этого нажмите одну из кнопок «Проверка герконов», расположенных на лицевой панели устройства электрического. При этом на двери шкафа должна загореться лампа «Аварийное отключение», а на лицевой панели ячейки № 000 – диод светоизлучающий «7» – «Герконы». В реверсивных исполнениях преобразователя необходимо проверить срабатывание герконовых датчиков, установленных на стороне постоянного и переменного тока.

После каждой проверки нажать кнопку «Сброс». Светоизлучающий диод «7» и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть.

Установите перемычку между гнездами «+12 V» ячейки № 702В и «2^{*}» лицевой панели ячейки пороговых устройств №311. Снимите фастон-контакты со штекеров Х2, Х3 блока датчика выпрямленного тока S402А (А22). Подайте на вход датчика тока S402А (А22) – штекеры Х2, Х3 – напряжение от внешнего источника, равное $(2,65_{-0,15}^{+0,2})U_{\text{вх}}$, где $U_{\text{вх}}$ определяется по (5.1). При этом на шкафу КТЭ должна загореться сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «4» – $I_{d\text{max}}$ на лицевой панели ячейки № 000. При необходимости, произвести регулировку переменным резистором R18 ячейки № 501В.

Отключите внешний источник от входа датчика выпрямленного тока S402А. Снимите перемычку между гнездом «+12 V» ячейки питания № 702В и «2^{*}» ячейки № 311. Нажмите кнопку «Сброс». Светоизлучающий диод «4» и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть.

Настройку установки герконовых датчиков нужно производить при рабочем напряжении главных цепей, при отключенном датчике тока S402А (А22) на стороне постоянного тока¹.

Отключите выключатели «Автомат собственных нужд» и «Автомат вспомогательных устройств». Снимите перемычку между проводами 1023, 1251 (блок-контакты выключателя на стороне переменного тока). Установите перемычку ХТ22:3 – ХТ22:4. Подключите вольтметр к шунту, установленному в цепи выпрямленного тока.

Включите выключатели «Автомат собственных нужд» и «Автомат вспомогательных устройств». Нажмите кнопку «U1» ячейки № 700А, установите ручки потенциометров R13 «Грубо», R14 «Точно», расположенных на лицевой панели устройства электрического в среднее положение. Включите выключатель на стороне переменного тока. При этом должна загореться сигнальная лампа «Включено – выключатель переменного тока».

Включите пускатель, при этом должны загореться сигнальные лампы «Включено пускатель» и «Напряжение главных цепей». Нажмите последовательно кнопки «Сброс» и «Готов». Включите выключатель

¹В реверсивных исполнениях КТЭ сначала производят настройку уставки для герконового датчика, установленного на стороне постоянного тока, а затем для герконовых датчиков, установленных на стороне переменного тока.

чатель на стороне постоянного тока. При этом соответствующие сигнальные лампы «Включено» должны загореться, а «Отключено» – погаснуть. Установите переключки между гнездами XS3 лицевой панели устройства электрического и «U_R» ячейки согласования № 102А (В) кассеты управления, между гнездами XS2, XS4 лицевой панели устройства электрического, между гнездом XS5 «U» лицевой панели устройства электрического и «0 V» лицевой панели ячейки питания № 702В. Установите переключатель SA1 лицевой панели устройства электрического в положение «15 V». Вращением ручек потенциометров сначала R13 – «Грубо», а затем R14 – «Точно» поднимите ток до величины тока уставки. Величину напряжения задания контролируйте с помощью прибора, расположенного на лицевой панели устройства электрического. Величину тока уставки контролируйте вольтметром В7-27А, подключенным к шунту в цепи выпрямленного тока.

Регулировка уставки до $(2,65 \dots 3,1) I_{dH}$ производится установкой пластин электротехнической стали (толщиной до 0,35 мм) между силовой шиной и герконовым датчиком¹. Направление проката пластин должно быть перпендикулярно длине шины. При достижении током величины уставки герконового датчика должна загореться сигнальная лампа «Аварийное отключение» на двери шкафа КТЭ и светоизлучающий диод «7» – «Герконы» на лицевой панели ячейки № 000. Регулировка уставки герконовых датчиков на стороне переменного тока производится для каждого герконового датчика отдельно и проверяется при обоих включенных датчиках.

Настройку уставки от превышения максимально-допустимого для данного преобразователя тока датчика тока на стороне выпрямленного тока S402А производят при отключенных герконовых датчиках, при нормальном напряжении главных цепей, вращением шлица переменного резистора R18 ячейки № 501В кассеты управления. Плавное увеличение тока до момента срабатывания порогового устройства осуществляется вращением ручек переменных резисторов R13, R14 устройства электрического. Срабатывание защиты должно произойти при выпрямленном токе КТЭ $(2,65^{+0,2}_{-0,15}) I_{dH}$. При этом на шкафу КТЭ должна загореться сигнальная лампа «Аварийное отключение» и светоизлучающий диод «4» – I_{dmax} на лицевой панели ячейки контроля № 000. Выключатель на стороне постоянного тока должен отключиться.

¹ Регулировку уставки в реверсивных исполнениях КТЭ производят при отключенных датчиках на стороне переменного тока.

Отключите выключатель на стороне переменного тока, выключатели «Автомат собственных нужд» и «Автомат вспомогательных устройств». Подключите герконы.

4.1.12. Проверьте функционирование канала защиты и сигнализации при недопустимом превышении напряжения на якоре двигателя. Проверку проводят при работе преобразователя на холостом ходу.

Включите выключатели «Автомат собственных нужд» и «Автомат вспомогательных устройств». При этом на шкафу КТЭ должны загореться сигнальные лампы «Напряжение собственных нужд» и «Питание вспомогательных устройств». Нажмите кнопку «U1» ячейки № 700А.

Включите выключатель на стороне переменного тока и пускатель. При этом на шкафу КТЭ должны загореться сигнальные лампы «Напряжение главных цепей» и соответствующие лампы «Включено», а лампы «Отключено», при их наличии, должны погаснуть. Нажмите последовательно кнопки «Сброс» и «Готов».

Включите выключатель на стороне постоянного тока. При этом должны загореться соответствующие сигнальные лампы «Включено», а «Отключено» – погаснуть. Вращением ручек переменных резисторов сначала R13 – «Грубо», а затем R14 – «Точно» на лицевой панели устройства электрического поднять выпрямленное напряжение до номинального значения. Величину напряжения контролируют по вольтметру на двери шкафа КТЭ. С помощью вольтметра В7-27А измерьте величину порогового напряжения на гнезде «3» лицевой панели ячейки пороговых устройств № 311. Она должна составлять $(9,4 \pm 0,1)$ В. Потенциометром R12 этой ячейки понизьте величину порогового напряжения до значения, при котором на двери шкафа КТЭ загорится сигнальная лампа «Аварийное отключение», а на лицевой панели ячейки № 000 – светоизлучающий диод «8» – $U_{d\max}$. Выключатель на стороне постоянного тока должен отключаться. Ток возбуждения, контролируемый по прибору «Ток возбуждения», на двери шкафа КТЭ должен снизиться до нуля. Проконтролируйте уровень напряжения на гнезде «3». Он должен составлять $(7,6 \pm 0,4)$ В.

Установите на гнезде «3» лицевой панели № 311 потенциометром R11 напряжение $(9,4 \pm 0,1)$ В. Снимите перемычки между гнездами «0 V» ячейки № 702В и XS1 – «U» лицевой панели устройства электрического, гнездами XS3 лицевой панели устройства электрического и гнездом «U_R» ячейки № 102А (В) кассеты управления. Нажмите кнопку «Сброс» на лицевой панели ячейки № 617. Светоизлучающий диод «8» и сигнальная лампа «Аварийное отключение» должны погаснуть.

4.1.13. Проверьте функционирование блокировок КТЭ. Убедитесь, что выключатель на стороне постоянного тока не включается при наличии любого аварийного сигнала, при наличии напряжения на выходных шинах КТЭ, при вращающемся якоре двигателя, при отключенном выключателе «Автомат цепей вспомогательных устройств».

4.2. Произведите расчет напряжений уставок срабатывания защит, указанных преподавателем.

4.3. На лабораторном стенде убедитесь в правильности произведенных расчетов путем проверки срабатывания указанных видов защиты. Для этого:

– перед включением преобразователя проверьте наличие всех ячеек, входящих в состав кассеты;

– после подачи напряжения собственных нужд проконтролируйте наличие и величину постоянных напряжений 24 В, 12,6 В, 13,5 В;

– проверьте функционирование канала формирования общего аварийного сигнала;

– в соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 4 настоящего практикума произведите поверку функционирования указанных видов защиты и сигнализации.

5. Содержание отчета

В отчете необходимо привести наименование и цель работы, чертежи принципиальных схем наиболее значимых элементов системы защиты и сигнализации, описать порядок наладки указанных преподавателем видов защит, а также результаты расчета напряжений уставок срабатывания указанных видов защит. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется защита от внутренних коротких замыканий при выходе из строя тиристоров?

2. Как осуществляется защита при аномальных режимах в сети собственных нужд?

3. Как произвести проверку функционирования канала защиты и сигнализации при аномальных режимах в сети собственных нужд?

4. Опишите, каким образом реализована максимально-токовая защита преобразователя и в чем особенности ее настройки?

5. Что такое среднеквадратичный ток тиристоров и как функционирует защита от его превышения?

6. Как произвести проверку функционирования канала защиты и сигнализации от аварийной перегрузки тиристоров по среднеквадратичному току?

7. Как реализована и при каких условиях срабатывает защита от исчезновения (недопустимого снижения или повышения) тока возбуждения электродвигателя?

8. Как произвести проверку функционирования канала защиты и сигнализации при превышении максимально-допустимого или понижении ниже максимально-допустимого тока возбуждения двигателя?

9. Как произвести проверку функционирования канала формирования общего аварийного сигнала?

10. Как произвести проверку функционирования канала защиты и сигнализации при превышении максимально-допустимого времени стоянки двигателя под током?

11. В каком случае необходимо проверять функционирование защиты и сигнализации при превышении допустимого тока динамического торможения? Опишите ход проверки.

12. Как проверить функционирование канала контроля предохранителей системы защиты от перенапряжений?

13. Как проверить функционирование канала защиты и сигнализации при недопустимом снижении тока возбуждения тахогенератора?

14. Опишите порядок проверки функционирования канала защиты и сигнализации при недопустимом превышении напряжения на якоре двигателя.

Литература

1. Электропривод КТЭ. Система защиты и сигнализации : техн. описание и инструкция по эксплуатации ЗЕИ.099.261 Т017.

2. Бригиневич, Б. В. Наладка тиристорных электроприводов / Б. В. Бригиневич, А. К. Голованов. – М. : Энергоатомиздат, 1991.

3. Гусев, В. Г. Электроника : учеб. пособие для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 2-е изд., – М. : Высш. шк., 1991. – 622 с.

Содержание

<i>Лабораторная работа № 1. Изучение особенностей функционирования и наладки систем питания электроприводов постоянного и переменного тока</i>	<i>3</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Изучение особенностей функционирования и наладки системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода постоянного тока (часть 1)</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Изучение особенностей функционирования и наладки системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода постоянного тока (часть 2)</i>	<i>9</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Изучение особенностей функционирования и наладки системы регулирования комплектного тиристорного электропривода постоянного тока</i>	<i>16</i>
<i>Лабораторная работа № 5. Система защиты и сигнализации комплектного тиристорного электропривода постоянного тока</i>	<i>24</i>

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Савельев Вадим Алексеевич

**НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

**Практикум
по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные
электроприводы» дневной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. Г. Мансурова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 04.03.20.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.

Изд. № 29.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель