

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЦЕПИ ЯКОРЯ КОМПЛЕКТНОГО ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КТЭ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по дисциплине «Наладка и диагностика
автоматизированного электропривода»
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2007

УДК 62-83-529(075.8)
ББК 31.291я73
С40

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого (протокол № 2 от 12.12.2005 г.)*

Автор-составитель: *В. А. Савельев*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Промышленная электроника»
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. А. Карпов*

Система управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода КТЭ : лаб. практикум по дисциплине «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода» для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост. В. А. Савельев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 28 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: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-534-2.

Содержит техническое описание системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря комплектного тиристорного электропривода КТЭ, задание и программу проведения одноименной лабораторной работы по разделу «Системы управления электроприводов постоянного тока» дисциплины «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода».

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения.

УДК 62-83-529(075.8)
ББК 31.291я73

ISBN 978-985-420-534-2

© Савельев В. А., составление, 2007
© Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2007

ВВЕДЕНИЕ

В составе реверсивного тиристорного электропривода используются тиристорные преобразователи (ТП) как с совместным, так и с отдельным управлением комплектами тиристоров. К настоящему моменту основным стал способ отдельного управления. Совместное управление применяется только для специальных приводов, например, при работе в области малых токов и при частых изменениях направления тока [2].

В настоящее время электроприводы постоянного тока с отдельным управлением получили широкое распространение в металлургии, текстильной и бумажной промышленности и в ряде других.

Примером таких электроприводов может служить комплектный тиристорный электропривод КТЭ. Он предназначен для управления электродвигателями постоянного тока мощностью до 1000 кВт, регулирования их параметров: напряжения (ЭДС), тока якоря, возбуждения, частоты вращения и положения вала. В аппаратуре управления, защиты и регулирования преобразователя КТЭ применяются современные электронные изделия: специализированные гибридные интегральные микросхемы, логические устройства на основе КМОП-технологии и т. п.

Хотя наладка систем управления большинства электроприводов постоянного тока подразумевает выполнение ряда стандартных операций, для того чтобы четко представлять последствия действий, выполняемых в ходе наладочных работ, необходимо, прежде всего, подробно ознакомиться с устройством, принципом действия и рекомендациями по эксплуатации конкретного электропривода.

Настоящий лабораторный практикум рассматривает устройство, принцип действия и методику проведения наладочных работ в системе управления ТП электроприводов серий КТЭ. При работе с данным изданием рекомендуется пользоваться набором оригинальных принципиальных схем, прилагаемым к техническому описанию и инструкции по эксплуатации рассматриваемого электропривода.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

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

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

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

3. 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.

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

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЦЕПИ ЯКОРЯ

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 эл. град;

- асимметрия управляющих импульсов не более ± 3 эл. град;
- дрейф регулировочной характеристики при изменении температуры окружающей среды от 1 до 40 °С не более ± 4 эл. град;
- зависимость угла регулирования от напряжения управления линейная;
- жесткость ограничивающей характеристики не более 0,5 эл. град/В;
- диапазон регулирования минимального угла 5...90 эл. град;
- диапазон регулирования максимального угла 90...175 эл. град;
- диапазон регулирования начального угла согласования 60...130 эл. град;
- 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 % эл. град с длительностью провалов, не превышающей 40 эл. град;
- 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. 1. В состав системы управления входят:

- ячейка согласования №102В;
- ячейка каналов фазового управления №123А;
- две ячейки усилителей №121;
- трансформатор синхронизации Т;
- ячейка отдельного управления №125;

- двенадцать импульсных трансформаторов (на схеме не показаны);
- два блока датчиков состояния вентиля 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 вентиля S118, а также ячейки вспомогательных устройств КТЭ, размещенные вне поворотной рамы.

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.

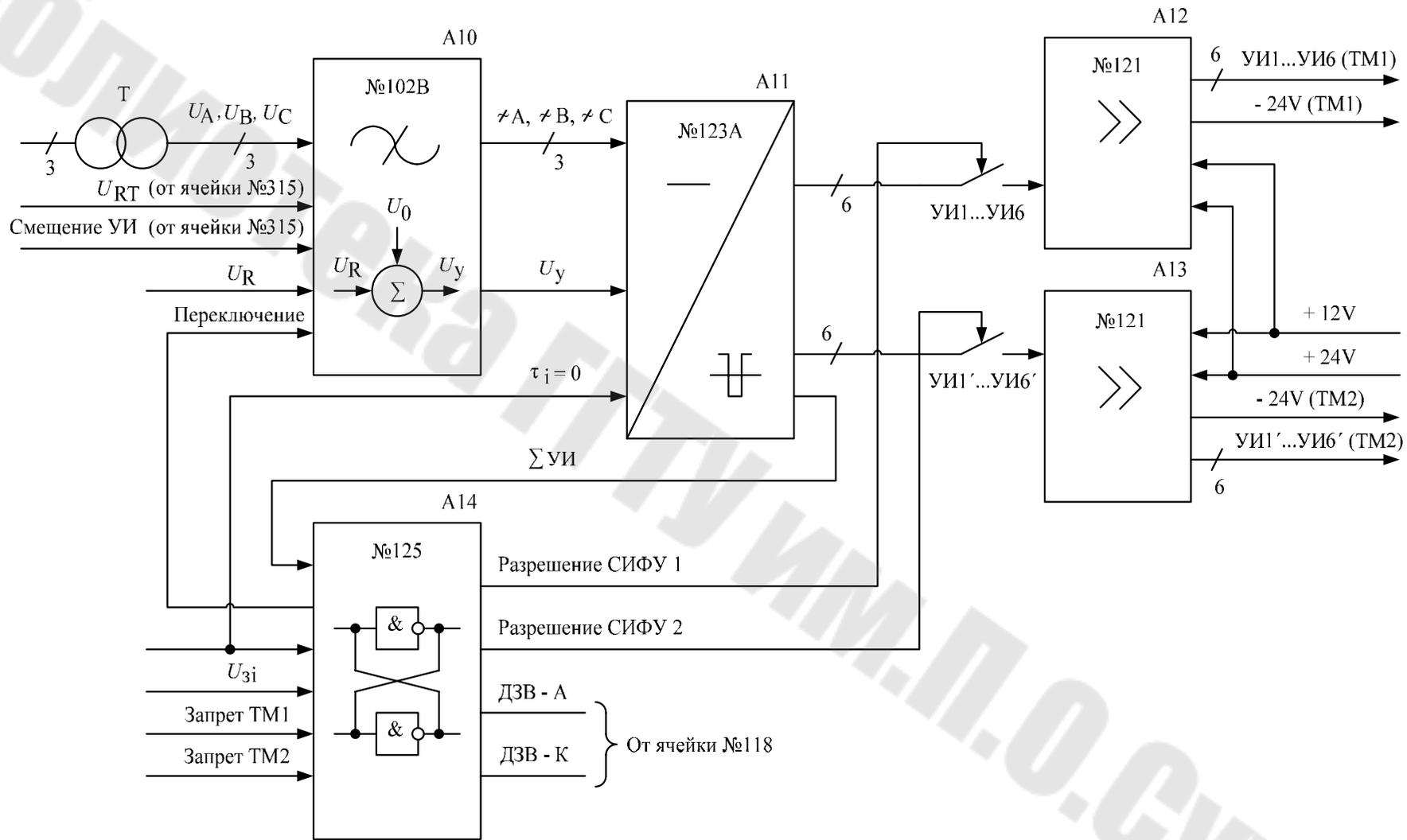


Рис. 1. Функциональная схема системы управления (кассета К102В)

3.3. Устройство и работа системы управления

Синхронизация системы фазового управления с сетью осуществляется посредством узла синхронизации, состоящего из трехфазного трансформатора синхронизации Т и трех фильтров, расположенных в ячейке №102В (рис. 1). Трехфазное напряжение с трансформатора собственных нужд подается на первичные обмотки трансформатора синхронизации Т. Для осуществления фазирования системы управления в зависимости от групп соединения обмоток силового трансформатора и трансформатора собственных нужд предусмотрена возможность соединения обмоток трансформатора синхронизации в различные группы с дискретностью в 30 эл. град.

Выходное трёхфазное синхронизирующее напряжение со вторичных обмоток трансформатора Т поступает на разъём Х1.1 ячейки №102В кассеты К102В (рис. 2).

Группа соединения обмоток трансформатора синхронизации Т выбирается таким образом, чтобы напряжения синхронизации фаз А, В и С на гнездах Х6, Х5, Х4 ячейки №102В совпадали по фазе с линейными напряжениями АС, ВА и СВ тиристорного моста соответственно.

Ячейка согласования №102В содержит три независимо функционирующих одинаковых пассивных RC-фильтра (рис. 2, с. 9), выделяющих основную гармонику 50 Гц (60 Гц) из сетевого напряжения, которое, как правило, искажено и имеет коммутационные провалы.

Выходные напряжения ячейки №102В (гнезда Х4, Х5, Х6) сдвинуты по отношению ко входным (гнезда Х7, Х8, Х9) на угол 90 эл. град. Настройка указанного сдвига производится резисторами R9, R10, R11 фаз А, С, В соответственно. Регулировка амплитуды выходных напряжений производится резисторами R1, R2, R3.

Операционные усилители DA2, DA3 и DA4 включены по схеме неинвертирующих усилителей с большим коэффициентом передачи и служат для согласования выходного сопротивления фильтров с нагрузкой. За счет большого коэффициента передачи на выходе операционных усилителей формируется трапецеидальное напряжение, которое подается в ячейку №123А, где используется для синхронизации работы микросборок DA1, DA2, DA3.

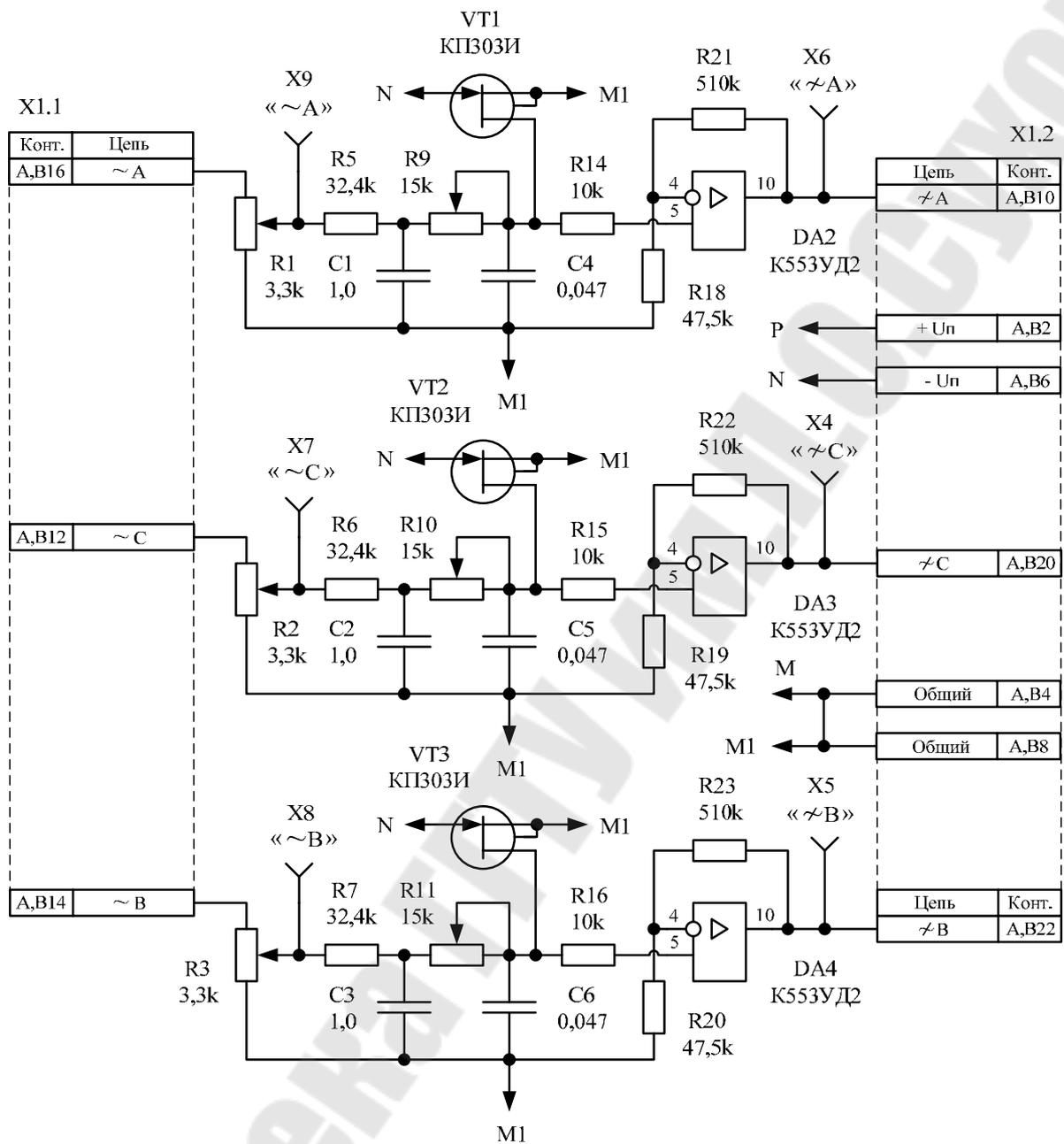
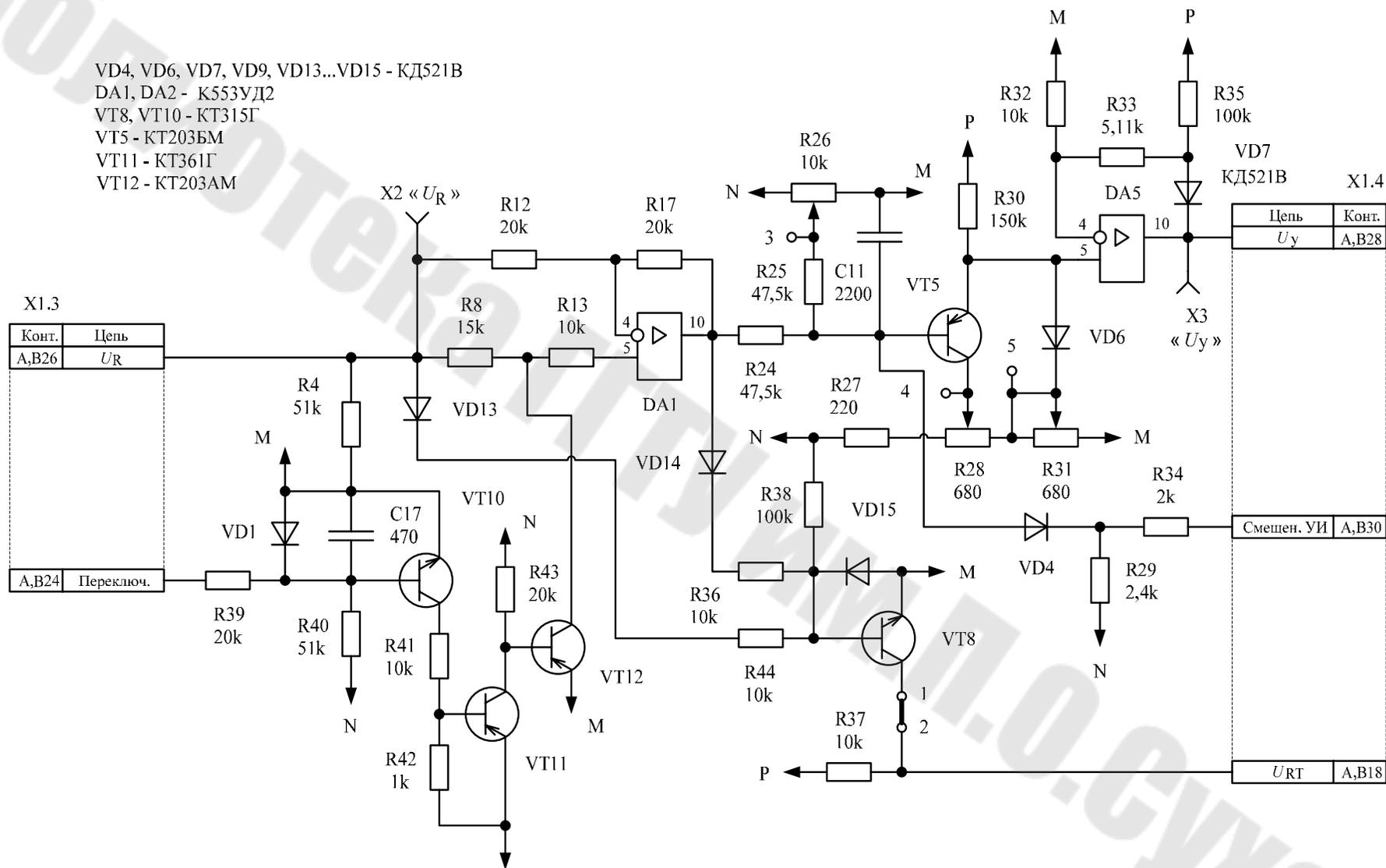


Рис. 2. Принципиальная схема ячейки согласования №102В
(окончание см. на с. 10)

VD4, VD6, VD7, VD9, VD13...VD15 - КД521В
 DA1, DA2 - К553УД2
 VT8, VT10 - КТ315Г
 VT5 - КТ203БМ
 VT11 - КТ361Г
 VT12 - КТ203АМ



10

Рис. 2. Окончание (начало см. на с. 9)

Ячейка №102В производит также согласование сигнала управления U_R , поступающего из системы регулирования, с управляющим входом (сигнал U_Y) микросборок DA1, DA2, DA3 ячейки №123А.

Согласование сигнала управления U_R заключается в ограничении начального (α_0), минимального (α_{\min}) и максимального (α_{\max}) углов управления, а также в смене знака этого сигнала при переключении комплекта клапанов.

Схема ограничения углов управления собрана на транзисторе VT5, работающем в режиме эмиттерного повторителя, диоде VD6 и сопротивлениях R24...R28, R30, R31 (рис. 2, с. 10).

При подаче на вход ячейки №102В сигнала управления U_R нулевого уровня на базу транзистора VT5 поступает отрицательное напряжение смещения с потенциометра R26. Это напряжение переводит транзистор VT5 в активный режим и задает величину начального угла отпирания клапанов α_0 .

При переходе любого тиристорного комплекта в выпрямительный режим работы сигнал управления U_R становится положительным и складывается с отрицательным напряжением смещения (с потенциометра R26), уменьшая последнее по модулю. Напряжение на эмиттере повторителя VT5 увеличивается и, при определенном его значении, происходит отпирание диода VD6. Таким образом, происходит ограничение минимального угла управления α_{\min} .

При переходе любого тиристорного комплекта в инверторный режим работы сигнал управления U_R становится отрицательным и складываясь с отрицательным напряжением смещения (с потенциометра R26) увеличивает последнее по модулю. Транзистор VT5 оказывается в режиме насыщения и напряжение на его эмиттере становится приблизительно равным напряжению на потенциометре R28 и не зависит от дальнейшего увеличения управления U_R . Таким образом, происходит ограничение максимального угла управления α_{\max} .

Неинвертирующий усилитель DA5 согласует относительно большое сопротивление повторителя VT5 с нагрузкой – входом ячейки фазового управления №123А.

Схема, выполненная на транзисторах VT10, VT11, VT12, предназначена для изменения знака напряжения управления U_R по сигналу логического переключающего устройства (ячейка №125), что необходимо для приведения в соответствие напряжения управления значению ЭДС при применении одного фазосмещающего устройства на оба направления.

Сигнал «Переключение», поступающий из ячейки №125 на вход транзистора VT10 через контакты A24, B24 разъема X1.3, может принимать два значения – логического нуля и логической единицы, если сигнал переключения соответствует логическому нулю, транзисторы VT10, VT11 закрыты, VT12 открыт и усилитель DA1 работает в режиме инвертирующего усилителя (коэффициент передачи определяется сопротивлениями R17 и R12).

При изменении сигнала «Переключение» на логическую единицу (напряжение 10...12,6 В) транзисторы VT10, VT11 открываются, VT12 закрывается и усилитель работает в режиме повторителя.

Схема, выполненная на диоде VD4 и резисторах R29, R34 ячейки №102В, предназначена для формирования сигнала управления, соответствующего углу α_{\max} , при поступлении сигнала из системы защиты.

При нормальной работе преобразователя КТЭ сигнал, поступающий на контакты A30, B30 разъема X1.4 ячейки №102В, равен логической единице и диод VD4 закрыт. В этом случае сигнал управления (гнездо X3 « U_y » ячейки №102В), подаваемый на управляющие входы микросборок DA1, DA2, DA3 ячейки №123А определяется сигналом, подаваемым из системы регулирования и напряжением, соответствующим углу согласования с учетом ограничения.

При какой-либо аварии в преобразователе КТЭ сигнал, поступающий на контакты A30, B30, становится равным логическому нулю. Диод VD4 открывается и транзистор VT5 переходит в режим насыщения. На вход операционного усилителя DA5 с потенциометра R28 (коллектор VT5), через насыщенный переход коллектор-эмиттер транзистора VT5 поступает ограниченное на уровне α_{\max} отрицательное напряжение и ТП принудительно переводится в инверторный режим.

Пороговое устройство на транзисторе VT8, резисторах R36, R38 предназначено для выделения сигнала U_{RT} в систему защиты. При сигнале управления U_y в пределах от U_{\min} до $U_{\text{пор}}$ (минус (4 + 0,3)) сигнал U_{RT} равен логическому нулю, что не позволяет собрать цепь «Готовность КТЭ» и, следовательно, включить КТЭ на нагрузку. При сигнале управления от $U_{\text{пор}}$ до U_{\max} сигнал равен логической единице, что позволяет собрать цепь «Готовность КТЭ».

Формирование импульсов управления ТП производится в 6-фазном фазосмещающем устройстве – *ячейке каналов фазового управления №123А*, которое работает по вертикальному принципу регулирования фаз с пилообразным опорным напряжением, что обеспечивает линейную зависимость фазового сдвига выходных импульсов от сигнала управления. Фазосмещающее устройство выполнено трехканальным, с использованием каждого канала для формирования импульсов управления двух противоположных плеч трехфазного тиристорного моста.

Основными элементами данной ячейки являются три гибридные интегральные схемы – микросборки DA1, DA2, DA3 (рис. 3), каждая из которых представляет собой фазосмещающее устройство для тиристорной какой-либо фазы мостов обоих направлений.

Входными сигналами каждой микросборки DA1...DA3 являются три синхронизирующих трапецеидальных напряжения и общее для трех каналов напряжение управления U_y , вырабатываемые ячейкой согласования №102В.

Каждая микросборка DA1...DA3 выполняет следующие операции:

- преобразует входное синхронизирующее напряжение в синхроимпульсы, длительностью (130 ± 50) мс, в момент перехода синхронизирующего напряжения через нулевое значение;
- формирует опорное пилообразное напряжение;
- производит сравнение опорного пилообразного напряжения и напряжения управления U_y ;
- формирует импульс длительностью $(0,45 \pm 0,15)$ мс в момент равенства опорного пилообразного напряжения и напряжения управления;
- производит суммирование импульсов своего и последующего каналов;
- осуществляет логический запрет импульсов управления по сигналам ячейки №125;
- осуществляет запрет формирования импульсов на время переключения сигнала управления.

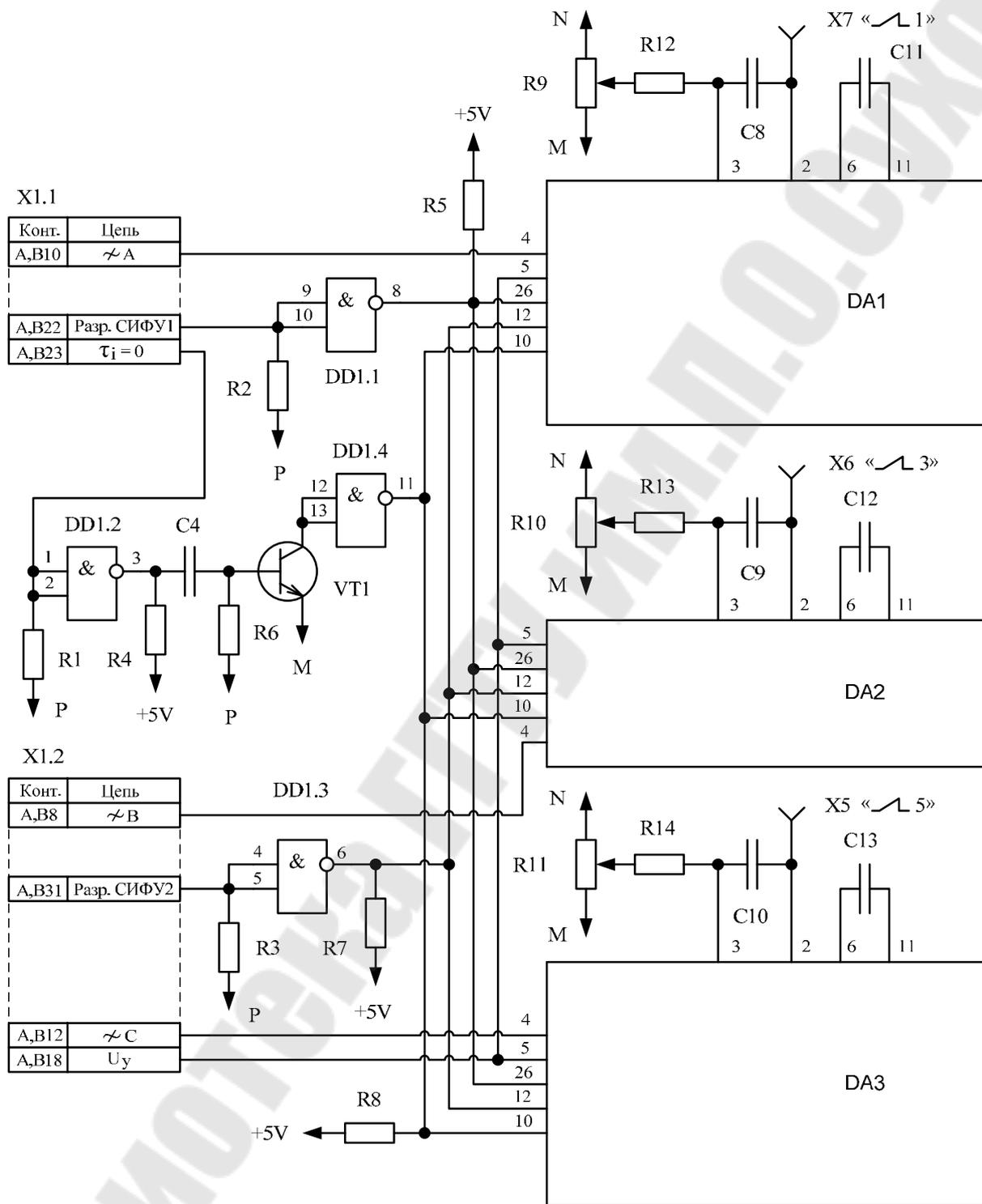


Рис. 3. Принципиальная схема ячейки каналов фазового управления №123А (окончание см. на с. 15)

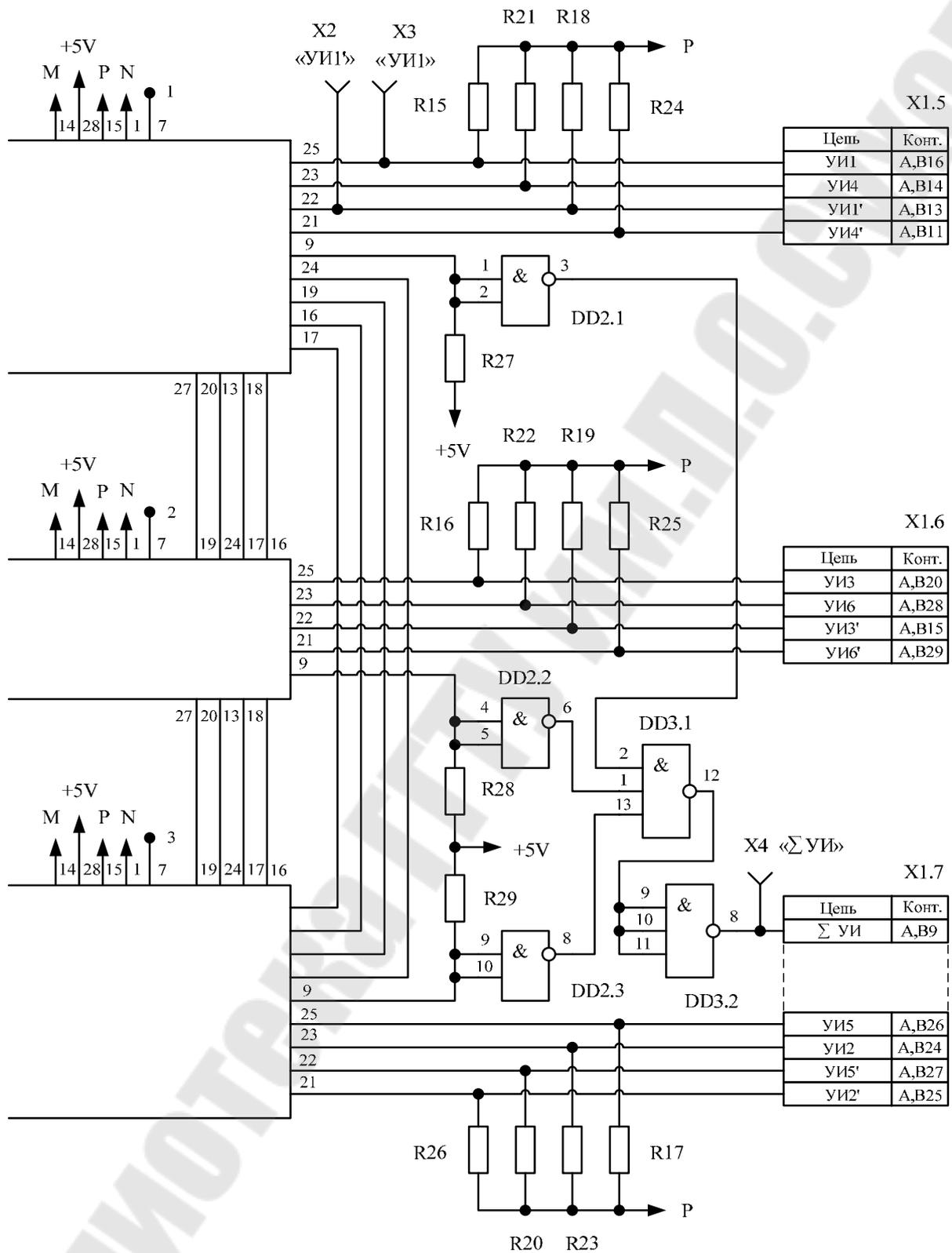


Рис. 3. Окончание (начало см. на с. 14)

Ячейка №123А вырабатывает импульсы для двух тиристорных мостов: УИ1...УИ6 – для моста одного направления и УИ1'...УИ6' – для моста другого направления. При нулевом логическом сигнале «Разрешение СИФУ 1» (контакты А22, В22) выдаются импульсы УИ1...УИ6. При нулевом логическом сигнале «Разрешение СИФУ 2» (контакты А31, В31) выдаются импульсы УИ1'...УИ6'. Одновременное формирование на выходе ячейки импульсов противоположных направлений исключается.

Из ячейки №125 через контакты А23, В23 на вход микросхемы DD1.2 ячейки №125А поступает сигнал бестоковой паузы $\tau_i = 0$, который при отсутствии тока нагрузки соответствует логической единице. По этому сигналу запрещается формирование импульсов управления на время переключения сигнала управления. Время запрета выбирается равным 100...200 мс, что превышает время переключения сигнала управления, которое определяется параметрами ячейки согласования №102В.

Резисторы R9, R10, R11 служат для установки амплитуды пилообразного напряжения, равной во всех трех каналах, что обеспечивает минимальную асимметрию управляющих импульсов.

Конденсаторы С11, С12, С13 определяют длительность выходных импульсов.

Рассмотрим работу одного канала фазового управления (фаза А). Формирование импульсов управления в нем происходит следующим образом. Трапецеидальное напряжение синхронизации через контакты А10, В10 разъема Х1.1 ячейки №123А (рис. 3, с. 14) через сопротивление R1 (рис. 4, с. 17) поступает на базы транзисторов VT1 и VT2 микросборки DA1.

В период положительной полуволны открыт транзистор VT2 и закрыт VT1. При этом на базе транзистора VT3 имеет место отрицательный потенциал, что обеспечивается параметрами делителя R2, R3, R4, и транзистор VT3 закрыт. Таким образом, при положительной полярности синхронизирующего напряжения на выходе элемента И-НЕ DD1.1 присутствует логический нуль, а на выходе DD1.3 – логическая единица. При отрицательной полярности синхронизирующего напряжения – наоборот.

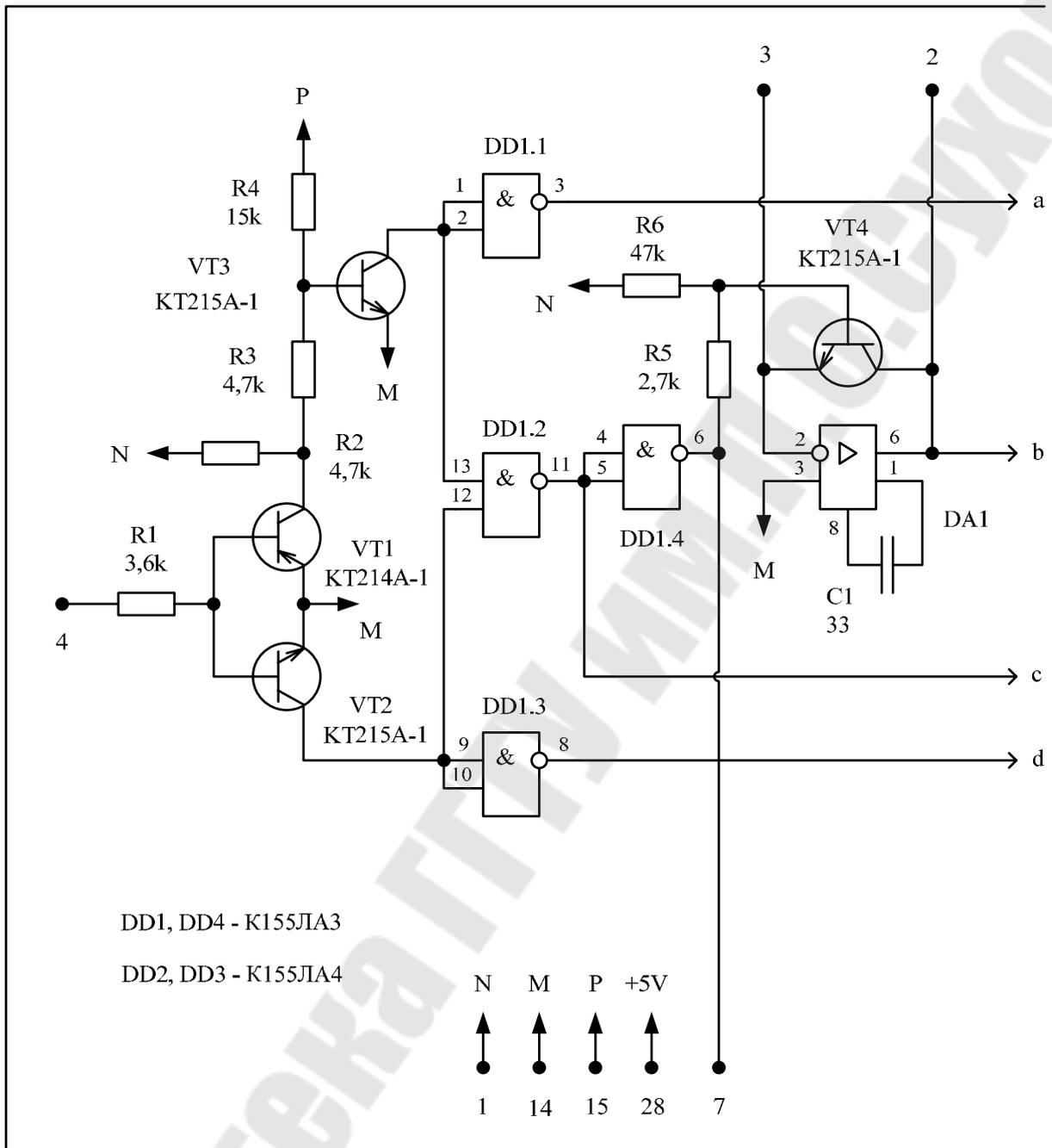


Рис. 4. Принципиальная схема микросборок DA1...DA3 (окончание см. на с. 18)

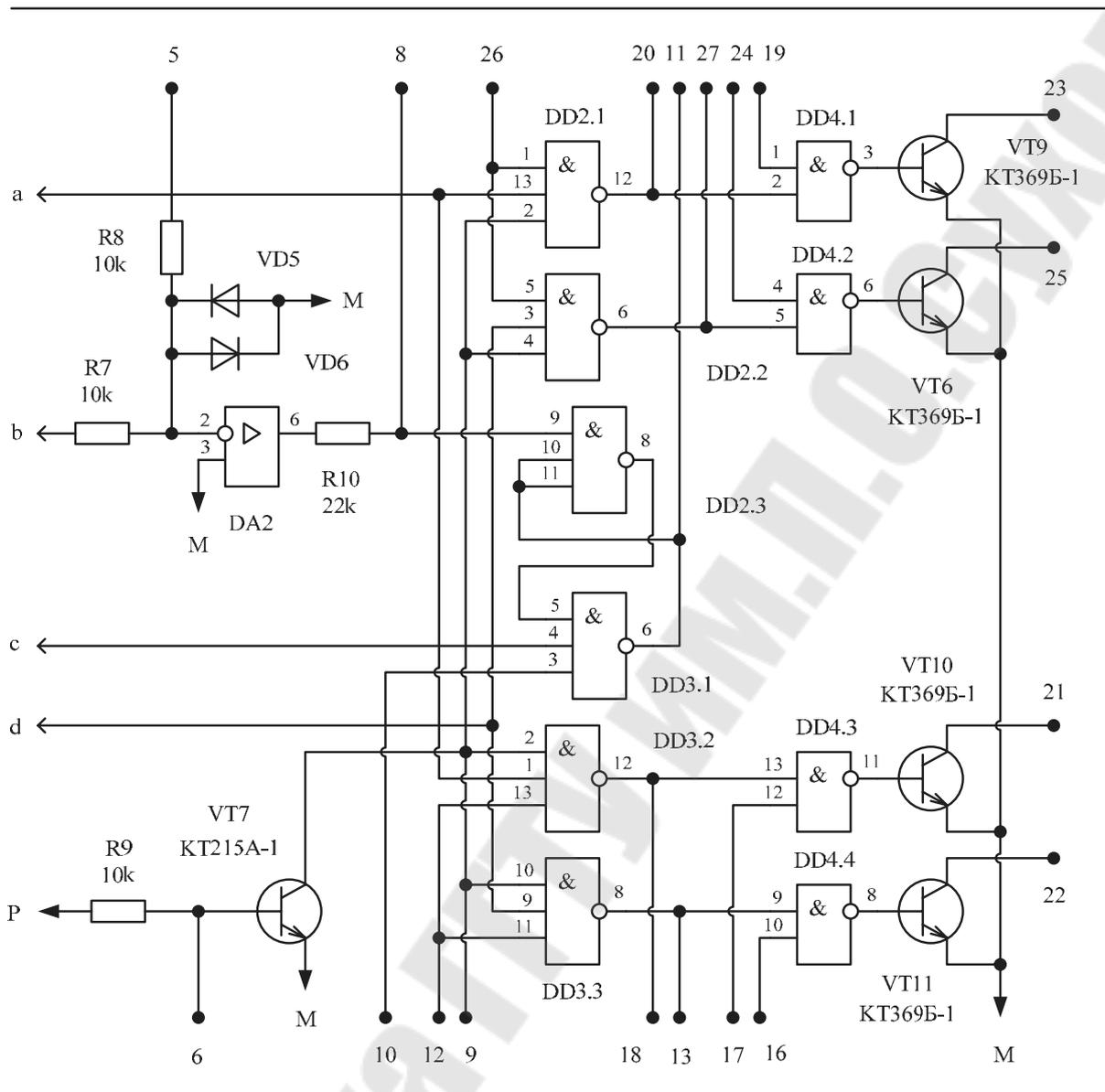


Рис. 4. Окончание (начало см. на с. 17)

На выходе элемента DD1.2 при обеих полярностях синхронизирующего напряжения будет логическая единица. Однако в моменты перехода синхронизирующего напряжения через нуль, когда все транзисторы VT1...VT3 будут закрыты, на выходе элемента DD1.2 кратковременно появится логический нуль. При этом на выходах элементов DD1.1 и DD1.3 также будет нуль. В этот момент с выхода элемента DD1.4 на базу транзистора VT4 будет подан единичный отпирающий импульс. Транзистор откроется и через его переход коллектор-эмиттер произойдет разряд конденсатора C8 (см. рис. 3, с. 14), подключенного к выводам 2 и 3 микросборки DA1. Напряжение на выходе усилителя DA1 микросборки снизится до нуля – произойдет сброс генератора пилообразного напряжения.

После открытия одного из транзисторов VT1 или VT2 (в зависимости от полярности синхронизирующего напряжения) транзистор VT4 закроется и начнется процесс заряда конденсатора C8 постоянным током, величина которого задается сопротивлениями R9 и R12. На выходе усилителя DA1 микросборки будет формироваться линейно-нарастающее (пилообразное) опорное напряжение положительной полярности.

Пилообразное опорное напряжение поступает на компаратор DA2 микросборки, где сравнивается с напряжением управления U_y , поступающим через контакты A18, B18 разъема X1.2 ячейки №123А на вывод 5 микросборки. В результате сравнения на выходе компаратора DA2 формируются прямоугольные управляющие импульсы. Эти импульсы поступают на RS-триггер, собранный на элементах DD2.3 и DD3.1.

Первоначально на выходе 6 триггера присутствует логическая единица, обусловленная наличием нулевого импульса, поступившего на вход 4 триггера с выхода DD1.2 в момент перехода синхронизирующего напряжения через нуль. Сформированный компаратором DA2 прямоугольный импульс переводит выход 6 триггера в нулевое состояние (на входах 3 и 4 триггера присутствуют единицы).

С выхода триггера (вывод 11 микросборки) импульс нулевого уровня через дифференцирующий конденсатор C11 (см. рис. 3, с. 14) и вывод 6 микросборки поступает на базу транзистора VT7. От этого импульса транзистор VT7 закроется на время, определяемое задержкой R9-C11, в результате чего на коллекторе транзистора сформируется короткий импульс, длительность которого определяется величиной емкости C11, а начало – моментом переключения DA2. Длитель-

ность импульса составляет $0,45 \pm 0,1$ мс. Этот импульс поступает на ключевые элементы DD2.1, DD2.2, DD3.2, DD3.3.

Сигналы, поступающие из ячейки раздельного управления №125 через контакты A22, B22 разъема X1.1 и A31, B31 разъема X1.2 ячейки №123А на выводы 26 и 12 микросборки, соответственно определяют выбор работающего комплекта для заданного направления вращения. Таким образом, наличие разрешающего сигнала на выводе 26 открывает ключи DD2.1 и DD2.2 для прохождения управляющих импульсов на один из комплектов, а наличие разрешающего сигнала на выводе 12 открывает ключи DD3.2 и DD3.3 для прохождения управляющих импульсов на другой комплект.

Кроме этого для открывания ключей DD2.1, DD2.2, DD3.2, DD3.3 необходимо наличие разрешающего сигнала с выхода элемента DD1.1 или DD1.3. Эти сигналы осуществляют выбор анодной или катодной группы вентилей (в зависимости от полярности синхронизирующего напряжения) в работающем комплекте.

Таким образом, в определенный момент времени управляющий импульс может появиться лишь на выходе одного из ключей DD2.1, DD2.2, DD3.2, DD3.3.

Далее управляющие импульсы поступают на вход одного из элементов DD4.1...DD4.4, предназначенных для получения сдвоенных импульсов за счет суммирования «своего» и «соседнего» импульса. Сдвоенные импульсы необходимы для надежного отпирания тиристоров при работе ТП в режиме прерывистого тока. Для получения сдвоенных импульсов на выводы 16, 17, 19, 24 поступают импульсы из микросборок соседних каналов, а через выводы 11, 13, 18, 20 управляющие импульсы, сформированные в данном канале, поступают в соседние.

Для согласования управляющих импульсов, сформированных в каналах фазового управления ячейки №123А, с ячейками усилителей №121 на выходе микросборки установлены транзисторы VT8...VT11, нагруженные сопротивлениями R15, R18, R21, R24 (см. рис. 3, с. 15).

Выходные импульсы ячейки №123А поступают в ячейки усилителей №121, где происходит их усиление, и далее – в импульсные трансформаторы. Импульсные трансформаторы осуществляют потенциальное разделение системы управления от силовых цепей.

С выходов импульсных трансформаторов импульсы управления поступают на управляющие переходы соответствующих тиристоров.

Система раздельного управления состоит из датчиков запертого состояния вентилях и логического переключающего устройства.

Датчики запертого состояния вентилях выполнены на двух блоках S118. Выходные сигналы датчиков о запертом состоянии групп вентилях; анодной и катодной поступают в логическое переключающее устройство.

Логическое переключающее устройство выполнено в ячейке №125. Ячейка формирует логические сигналы, разрешающие формирование управляющих импульсов моста «Вперёд» или «Назад». Логическое переключающее устройство выполнено с комбинированным алгоритмом, по которому при задании на ток, соответствующем прерывистому току, попеременно включаются мосты различного направления проводимости, а при задании на ток, соответствующем непрерывному току, включается только мост заданного направления. Включение моста одного из направлений определяется знаком сигнала задания на ток U_{zi} . Напряжение задания на ток поступает в логическое переключающее устройство из системы регулирования электропривода с выхода регулятора скорости.

Необходимым условием для снятия управляющих импульсов с работающего моста является равенство напряжения задания на ток величине, соответствующей прерывистому току в этом мосту, а также запертое состояние анодной или катодной группы моста.

Необходимым условием для включения моста противоположного направления является равенство сигнала задания на ток величине, соответствующей прерывистому току в работавшем мосту, и запертое состояние всех вентилях анодной и катодной групп в мосту отключенного направления.

Выходной сигнал ячейки №125, поступающий на вход ячейки №123А для запрета включения одного из мостов, – постоянный и равен 10...12,6 В.

Сигнал, разрешающий включение одного из мостов, – нулевой, импульсный, так как для увеличения надежности разрешение выдается только на время формирования управляющего импульса.

Питание системы управления осуществляется стабилизированными напряжениями плюс (12,5 ± 0,1) В и минус (12,5 ± 0,1) В (ячейки №702В) и (5 ± 0,1) В (ячейки №700А). Эти же напряжения используются для питания систем управления вспомогательных устройств КТЭ. Питание ячеек №121 осуществляется нестабилизированными напряжениями +12 В, ±24 В из системы питания.

Защиту микросхем при превышении допустимого уровня стабилизированных напряжений плюс 12,6 В и минус 12,6 В осуществляет ячейка №700А, в которой уровень ограничения напряжений плюс 12,6 В, минус 12,6 В задается с помощью резисторов R7 «+U», R8 «-U» соответственно. Выходные напряжения ячейки №702В каскасы регулирования КТЭ подаются на вход ячейки №700А через развязывающие диоды.

Каждый из каналов контроля ячейки №700А представляет собой стабилизатор параллельного типа. При ограничении напряжения в неисправном стабилизаторе ячейки №702В увеличивается ток, что приводит к размыканию контактов реле в цепи напряжений +24 В.

Срабатывание реле происходит также при превышении допустимого уровня напряжения плюс 5 В ячейки №700А и исчезновении питающего напряжения +12,6 В и -12,6 В в ячейке питания №702В каскасы K102В.

Одновременно с отключением питающих напряжений выдается сигнал в систему защиты и сигнализации на снятие управляющих импульсов с тиристоров.

4. ОСОБЕННОСТИ НАЛАДКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЦЕПИ ЯКОРЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КТЭ

Для выполнения наладки системы управления преобразователя КТЭ необходимо выполнить следующие операции:

1. Проверить правильность монтажа элементов системы управления согласно принципиальным схемам и надёжность всех контактных соединений.

2. Установить в шкаф управления ячейки №700А, №702В и включить автомат собственных нужд QF1 шкафа управления. Нажать кнопку «U1» на лицевой панели ячейки №700А.

Проверить наличие напряжений и их значения на гнездах «Р» и «N» ячейки №700А. Напряжения должны быть $(13,5 \pm 0,1)$ В и минус $(13,5 \pm 0,1)$ В соответственно. В случае отклонения установить данные величины напряжения потенциометрами «+U» и «-U» на лицевой панели ячейки №700А.

Проверить наличие и величину напряжения на гнездах «+12 В» и «-12 В», «+5 В» ячеек №702В и №700А. Величина напряжения

должна быть $(12,6 \pm 0,1)$ В и минус $(12,6 \pm 0,1)$ В, плюс $(5 \pm 0, 1)$ В соответственно. В случае отклонения установить данные величины напряжения потенциометрами R14 и R17 ячейки №702В и потенциометром R5 ячейки №700А.

Установить все ячейки в шкаф управления.

3. Произвести фазирование системы управления. Фазирование заключается в получении трехфазных напряжений синхронизации, совпадающих по фазе с линейными напряжениями питания силовых мостов, и осуществляется перепайкой первичных обмоток трансформатора синхронизации Т.

4. Проверить работу фильтров, расположенных в ячейке №102В. Угол наклона трапециидальных сигналов (гнезда X4, X5, X6) должен составлять 6 В/0,6 мс и регулируется потенциометрами R1, R2, R3. Фазовый сдвиг между сигналами на гнездах X6 и X9, X4 и X7, X5 и X8 должен быть 90 эл. град и регулируется потенциометрами R9, R10, R11.

При правильной фазировке напряжение на гнездах X4, X5, X6 ячейки №102В должны совпадать по фазе с линейными напряжениями силовых мостов U_{BC} , U_{AB} , U_{CA} .

5. Проверить настройку амплитуд опорных пилообразных напряжений ячейки №125А. Подключить корпусной вход осциллографа к гнезду «0V» ячейки №702В. Подключить поочередно потенциальный вход осциллографа к гнездам X5, X6, X7 ячейки №123А, проверить наличие и амплитуду пилообразного напряжения.

Амплитуда напряжения должна быть $(8 \pm 0,1)$ В. В случае отклонения установить данную величину с помощью резисторов R9, R10, R11.

6. Проверить правильность чередования и параметры импульсов управления.

7. Установить начальный угол управления $\alpha_0 = 110$ эл. град. Для этого подать на гнездо « U_R » ячейки №102В напряжение, равное нулю.

Отсчет угла управления производить от момента перехода через нуль синхронизирующего напряжения из отрицательного значения в положительное (контрольное гнездо X6 ячейки №102В).

8. Установить минимальную асимметрию выходных импульсов ячейки №123А.

Для этого подать на гнездо « U_R » ячейки №102В напряжение ручного управления не менее минус 8 В.

Установить длительность развертки осциллографа 0,5 мс/см. Подключить осциллограф к гнезду « Σ УИ» ячейки каналов фазового управления №123А и осуществлять синхронизацию от исследуемого сигнала. На экране осциллографа должны наблюдать совмещенные три импульса управления, запускающие развертку, и через время (60 ± 3) эл. град три импульса управления.

С помощью резисторов R10, R11 ячейки №123А добейтесь слияния фронтов.

Переключатель масштаба развёртки установить в положение «x0,2» и повторить вышеуказанные регулировки.

9. Установить углы ограничения α_{\min} и α_{\max} .

Изменяя величину напряжения на гнезде « U_R » ячейки №102В от плюс 10 В до минус 10 В установить углы ограничения $\alpha_{\min} = 20$ эл. град; $\alpha_{\max} = 150$ эл. град. Углы установить с помощью потенциометров R31 « α_{\min} » и R28 « α_{\max} » ячейки №102В.

Отсчет углов производить так же, как и при установке начального угла управления.

При проведении данной проверки убедитесь в плавности изменения фазы управляющих импульсов в диапазоне от α_{\min} до α_{\max} при плавном изменении сигнала управления U_R .

10. Проверить воздействие сигналов системы защиты и сигнализации по входу «Смещение УИ» ячейки согласования №102В.

11. Убедитесь в наличии выходных импульсов ячейки №121, управляющих мостов ТМ1.

Для этого подключите корпусной вход осциллографа к гнезду «0V» ячейки питания №702В, а потенциальный поочередно подключать к гнездам «1»...«6» ячейки №121 моста ТМ1, убедитесь в наличии импульсов.

12. Проверить наличие и правильность чередования импульсов управления УИ1...УИ6 на управляющих переходах тиристорных мостов ТМ1.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Внимательно ознакомиться с устройством и принципом действия системы управления ТП комплектного тиристорного электропривода КТЭ.

2. Получив разрешение преподавателя произвести включение системы управления ТП (без подачи силового напряжения на тиристорный преобразователь).

3. Проконтролировать, а при необходимости скорректировать величины стабилизированных напряжений $+13,6\text{ В}$, $-13,6\text{ В}$, $+5\text{ В}$ с точностью не хуже $\pm 0,1\text{ В}$ (желательно использовать вольтметр с цифровой индикацией и входным сопротивлением не менее 1 МОм).

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

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

4. При помощи осциллографа или фазометра проверить фазовый сдвиг, вносимый фильтрами ячейки №102В. Для этого один канал фазометра (осциллографа) подключить к гнезду Х9 (выход трансформатора синхронизации), а второй – к гнезду Х6 (выход фильтра) относительно общего провода М1 (гнездо «0V» ячейки №702В). Убедиться в том, что вносимый фильтром сдвиг составляет 90 эл. град , а при необходимости подстроить его сопротивлением R9 (см. рис. 2, с. 9). Аналогичным образом проверить фазовый сдвиг, вносимый фильтрами в соседних каналах.

5. Установить необходимую крутизну фронтов трапецеидального синхронизирующего напряжения. Для этого необходимо подключить осциллограф поочередно к гнездам Х6, Х5, Х4 ячейки №102В и регулируя потенциометрами R1, R2, R3 амплитуды синусоидальных напряжений, поступающих с трансформатора синхронизации, установить необходимый наклон (крутизну) фронтов.

6. При помощи осциллографа проверить 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 Х6, Х5, Х4 ячейки №102В совпадали по фазе с линейными напряжениями АС, ВА и СВ тиристорного моста соответственно.

7. Подключить осциллограф к гнезду Х3 ячейки №102В. Изменяя напряжение управления U_R на входе ячейки (гнездо Х2) убедиться в наличии ограничения угла управления на уровне $\alpha_{\max} = 150\text{ эл. град}$ и на уровне $\alpha_{\min} = 20\text{ эл. град}$. В случае необходимости произвести корректировку указанных углов сопротивлениями R28 и R31 соответ-

ственно. Подав на вход U_R нулевой сигнал управления сопротивлением R26 установить начальный угол управления $\alpha_0 = 110$ эл. град.

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

9. Подключить осциллограф к гнездам X2 и X3 ячейки №123А. Убедиться в наличии сдвоенных управляющих импульсов длительностью $0,45 \pm 0,1$ мс.

6. 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 пояснить 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. Опишите 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 сдвоенные 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 : техническое описание и инструкция по эксплуатации ЗЕИ.099.261 Т017.
2. Бригиневич, Б. В. Наладка тиристорных электроприводов / Б. В. Бригиневич, А. К. Голованов. – Москва : Энергоатомиздат, 1991.
3. Гусев, В. Г. Электроника : учеб. пособие для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 2-е изд. – Москва : Высш. шк., 1991. – 622 с.
4. Аналоговая и цифровая электроника / Ю. Ф. Опачий [и др.]. – Москва : Радио и связь, 1996. – 768 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Цель работы.....	4
2. Меры безопасности.....	4
3. Техническое описание системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря.....	4
3.1. Назначение и технические характеристики	4
3.2. Состав системы управления	5
3.3. Устройство и работа системы управления.....	8
4. Особенности наладки системы управления тиристорным преобразователем цепи якоря электропривода КТЭ.....	22
5. Порядок выполнения работы	24
6. Содержание отчета.....	26
Контрольные вопросы	26
Литература.....	28

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЦЕПИ ЯКОРЯ КОМПЛЕКТНОГО ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КТЭ

**Лабораторный практикум
по дисциплине «Наладка и диагностика
автоматизированного электропривода»
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения**

Автор-составитель: **Савельев** Вадим Алексеевич

Редактор
Компьютерная верстка

*Н. Г. Мансурова
Н. В. Широглазова*

Подписано в печать 06.02.07.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,5.
Изд. № 4.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр
Учреждения образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого».
ЛИ № 02330/0133207 от 30.04.2004 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.

