

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
**«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»**

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель

В. А. Негадаев

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Методические указания к лабораторным работам
для студентов очной формы обучения
(АГс-131)**

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

Рецензенты

Григорьев А.В. – доцент кафедры электропривода и автоматизации

Буялич Г. Д. – председатель учебно-методической комиссии специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело», образовательная программа «Электрификация и автоматизация горного производства»

Негадаев Владислав Александрович. Преобразовательная техника [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело», образовательная программа «Электрификация и автоматизация горного производства», очной формы обучения (**АГс-131**) / сост.: В. А. Негадаев. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – Систем. требования: Процессор Intel или AMD 500 МГц, ОЗУ 128 Мб; мышь. – Загл. с экрана.

Приведено содержание лабораторных занятий и примерные оценочные средства для текущего контроля.

© КузГТУ, 2015
© Негадаев В. А.,
составление, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Лабораторная работа №1: Преобразователь электропривода подачи комбайна 1КШЭ | 4 |
| 2. Лабораторная работа №2: Преобразователь частоты Mitsubishi серии FR-E500 | 14 |
| 3. Лабораторная работа №3: Исследование импульсных преобразователей и стабилизаторов постоянного напряжения | 29 |

1. Лабораторная работа №1

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ КОМБАЙНА 1КШЭ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение схемы и принципа работы преобразователя электропривода подачи очистного комбайна 1КШЭ, а также анализ осциллограмм напряжений в контрольных точках схемы.

1.1. СИЛОВАЯ СХЕМА СТЕНДА

На основе серийно выпускаемого комплекта устройств автоматизации очистного комбайна 1КШЭ, используемого для управления, контроля и защиты от аварийных режимов, собран лабораторный стенд. Он предназначен для исследования тиристорного электропривода постоянного тока механизма подачи комбайна и системы управления преобразователем, в качестве которого используется трехфазный тиристорный выпрямитель, собранный по мостовой схеме. В состав силовой схемы стенда (рис. 1.1) входят:

- автоматический выключатель QF;
- двигатель постоянного тока последовательного возбуждения M1;
- обмотка возбуждения LM1 двигателя M1;
- трехфазный управляемый выпрямитель UB1;
- однофазный полупроводимый выпрямитель UB2;
- силовой трансформатор ТС, который служит для согласования напряжения сети лаборатории с напряжением, необходимым для питания выпрямителей UB1 и UB2;
- блок сопротивлений BC;
- блок управления реверсированием и торможением БУРТ;
- система импульсно-фазового управления СИФУ;
- блок импульсных трансформаторов БИТ.

Управляемый выпрямитель UB1 на тиристорах VS1-VS6 и диоде VD1 (рис. 1.1) предназначен для питания регулируемым напряжением постоянного тока (0–220 В) двигателя постоянного

тока последовательного возбуждения М1 системы подачи комбайна. Он состоит из четырех тиристорных модулей: по одному модулю на каждую фазу питающего напряжения, соединенных в мостовую полностью управляемую трехфазную схему выпрямления и одного модуля с нулевым (шунтирующим) диодом (тиристор последнего модуля в электрическую схему преобразователя не подключен).

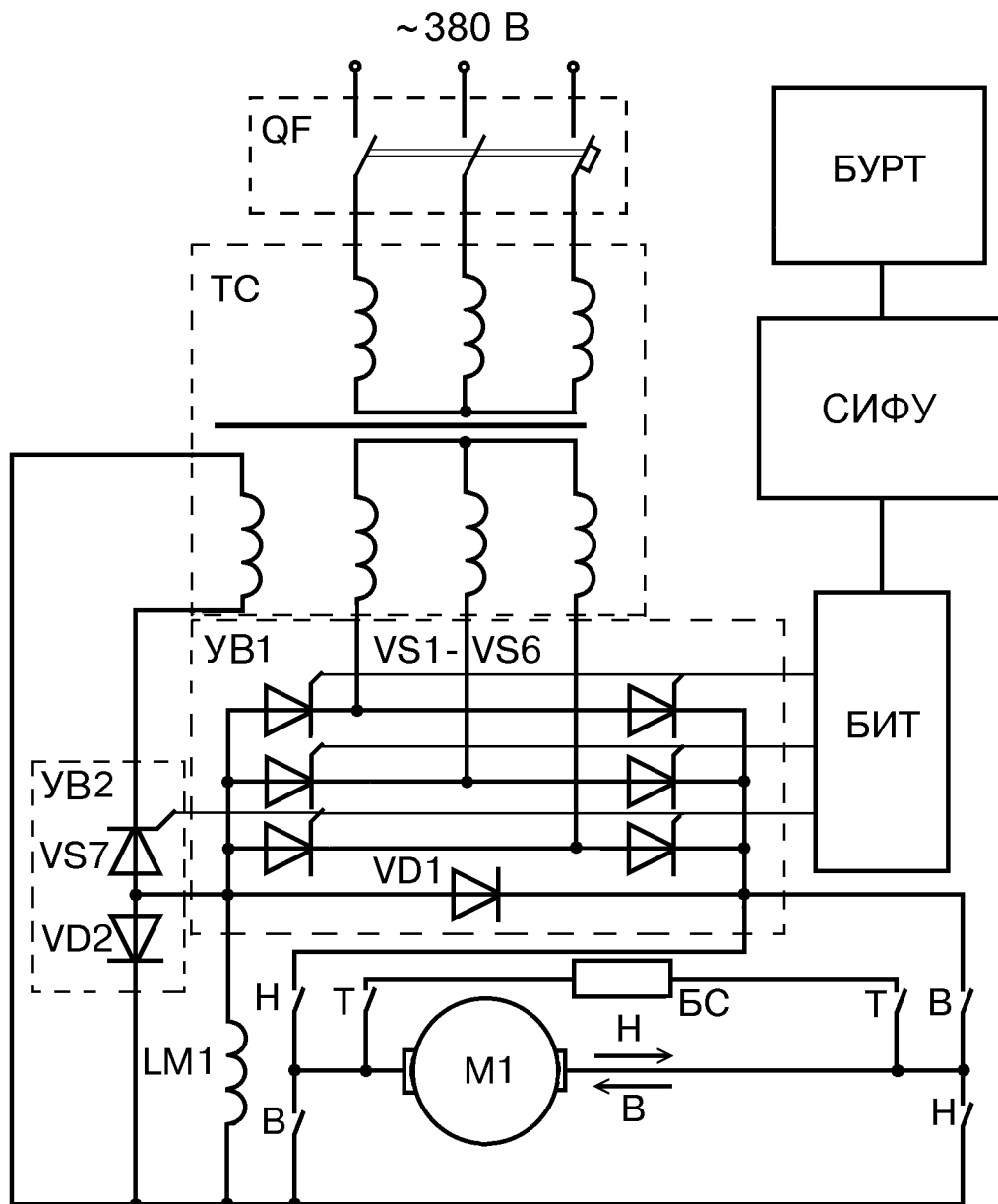


Рис. 1.1. Силовая схема стенда

Полууправляемый выпрямитель УВ2 на тиристоре VS7 и диоде VD2 (рис. 1.1) предназначен для управления питанием обмотки возбуждения LM1 двигателя M1 в тормозном режиме и состоит из одного модуля (в одном плече у него установлен тиристор VS7, а в другом – диод VD2).

Контакты Т, В, Н (рис. 1.1) предназначены для подключения соответствующим образом якоря двигателя M1 либо к управляемому выпрямителю УВ1 (В – «Вверх», Н – «Вниз»), либо к блоку сопротивлений БС в режиме торможения (Т – «Тормоз»).

Блок импульсных трансформаторов БИТ (рис. 1.1) предназначен для гальванически развязанной передачи управляющих импульсов на соответствующие тиристоры и состоит из семи импульсных трансформаторов. Шесть импульсных трансформаторов обеспечивают передачу управляющих импульсов от системы импульсно-фазового управления СИФУ на тиристоры VS1-VS6, седьмой импульсный трансформатор передает управляющие импульсы на тиристор VS7.

Система импульсно-фазового управления СИФУ (рис. 1.1) обеспечивает подачу и регулирование фазы отпирающих импульсов, поступающих на тиристоры, а также решает комплекс задач, связанных с формированием и регулированием его выходного напряжения.

В преобразователе осуществляется естественная коммутация тиристоров. Управляющее воздействие СИФУ на силовую схему проявляется в изменении момента подачи отпирающих импульсов на тиристоры по отношению к синусоидально изменяющейся кривой напряжения сети (т.е. угла управления α).

В данном электроприводе используется синхронная СИФУ. При этом синхронизация управляющих импульсов осуществляется напряжением сети переменного тока.

В схему канала управления одним тиристором VS преобразователя входят генератор опорного напряжения ГОН, нуль-орган НО и усилитель-формирователь УФ отпирающих импульсов (рис. 1.2).

ГОН совместно с НО представляют фазосдвигающее устройство ФСУ. Работа ФСУ основана на сравнении двух напряжений (опорного и управляющего), поэтому его принцип действия называется вертикальным. ГОН формирует изменяюще-

еся во времени напряжение пилообразной формы u_0 . Для получения пилообразной формы напряжения используется способ, основанный на заряде конденсатора в цепи с большой постоянной времени.

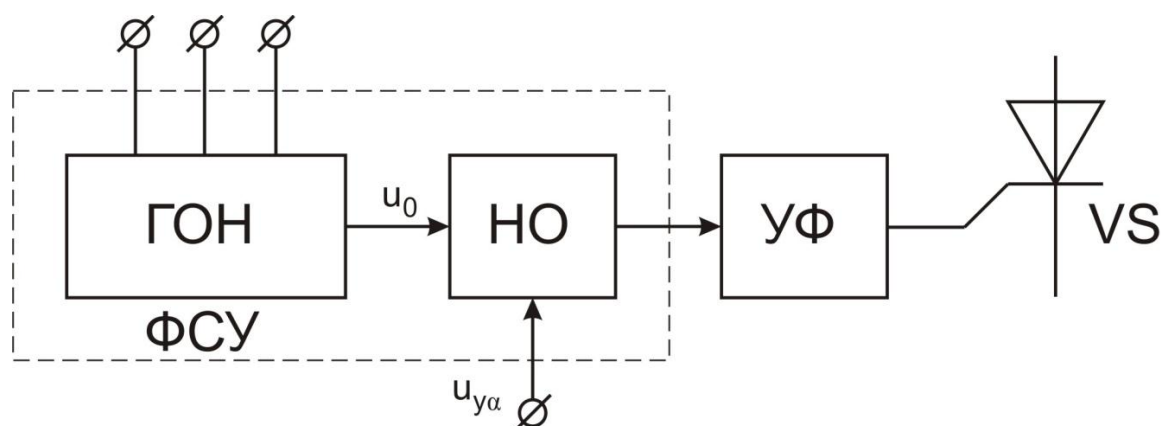


Рис. 1.2. Канал управления одним тиристором

С помощью НО опорное напряжение генератора u_0 сравнивается с управляющим напряжением $u_{y\alpha}$ преобразователя. Нуль-орган собран на операционном усилителе, охваченном положительной обратной связью (компараторе). Когда опорное напряжение u_0 (в процессе его увеличения) достигает напряжения $u_{y\alpha}$, на входе УФ возникает короткий импульс, получаемый после дифференцирования выходного сигнала НО. Этот импульс после усиления и формирования подается в управляющую цепь тиристора VS преобразователя (рис. 1.2).

Изменяющееся во времени опорное напряжение создается с участием напряжения сети переменного тока, в связи с чем, опорное напряжение и формируемый импульс синхронизированы во времени с напряжением сети переменного тока. Путем изменения величины напряжения $u_{y\alpha}$ осуществляются сдвиг во времени выходного импульса и регулирование угла α , а следовательно, и выходного напряжения преобразователя.

В электроприводе подачи комбайна 1КШЭ используется многоканальная система управления, в которой регулирование угла управления осуществляется от общего управляющего напряжения. Количество каналов управления равно числу тиристоров в схеме преобразователя (так электропривод комбайна с трехфазным мостовым выпрямителем имеет число каналов рав-

ное шести). При соответствующей синхронизации фазосдвигающих устройств от сети переменного тока система формирует для тиристоров в фазах а, b, с управляющие импульсы, симметричные относительно точек естественного отпирания, что требуется для работы схемы.

В трехфазном мостовом управляемом выпрямителе контур тока нагрузки создается двумя тиристорами, один из которых расположен в катодной группе, а другой – в анодной. Для данного выпрямителя требуется обеспечить присутствие отпирающих импульсов одновременно на двух следующих по порядку работы тиристорах. Это необходимо для создания работоспособности в режиме прерывистых токов, когда ток нагрузки уменьшается до нуля к моменту отпирания очередного тиристора. Эта задача решается подачей сдвоенных управляющих импульсов со сдвигом в 60° .

Рассмотрим более подробно работу СИФУ электропривода комбайна 1КШЭ (рис. 1.3). Напряжение синхронизации через интегрирующую цепь R1, C1 подается на вход компаратора на микросхеме D1. Порог срабатывания компаратора и ширина зоны гистерезиса определяются параметрами цепи положительной обратной связи (резисторами R2 и R3). Конденсатор C2 служит для устранения импульсных помех. На выходе компаратора D1 формируются прямоугольные импульсы с частотой и фазой, совпадающими с частотой и фазой напряжения синхронизации. Выход компаратора D1 через резистор R4 подключен к базе ключевого транзистора VT1. Диод VD1 служит для защиты базового перехода транзистора VT1 от обратного напряжения.

При положительном напряжении на выходе компаратора D1 транзистор VT1 открыт и через него разряжается конденсатор C3. При закрытом транзисторе VT1 происходит линейный заряд конденсатора C3 через источник тока, собранном на полевом транзисторе VT2 и резисторе R5. Этим обеспечивается получение на конденсаторе C3 опорного пилообразного напряжения, которое через резистор R6 подается на вход компаратора D2. На этот же вход через резистор R7 подается напряжение управления отрицательной полярности.

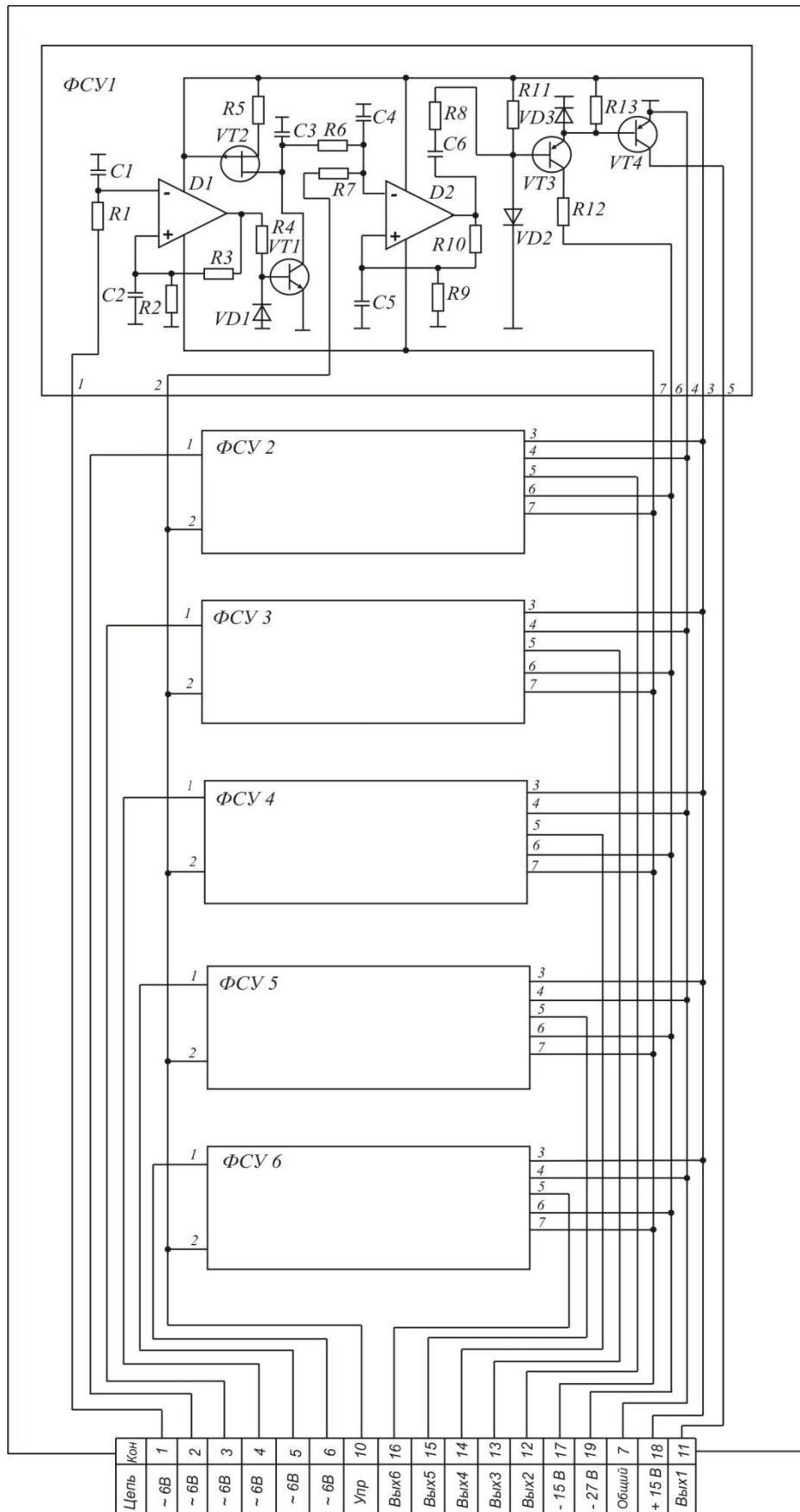


Рис. 1.3. Система импульсно-фазового управления

Положительная обратная связь через делитель, собранный на резисторах R9, R10, обеспечивает релейную характеристику компаратора. Конденсаторы C4, C5 служат для подавления импульсных помех. При напряжении управления равном мгновенному значению пилообразного напряжения, происходит переключение компаратора D2. На выходе компаратора D2 включена дифференцирующая цепь из конденсатора C6 и резистора R8, через которую управляется транзистор VT3. В коллекторную цепь транзистора VT3 включен токоограничивающий резистор R12, а на базу транзистора подается положительное смещение через резистор R11. Диод VD2 служит для защиты базового перехода от обратных напряжений.

Постоянная времени дифференцирующей цепи C6, R8 определяет длительность управляющего импульса для тиристоров. В течение времени заряда конденсатора C6 транзистор VT3 открыт. Эмиттер транзистора VT3 соединен с базой транзистора VT4. На базу транзистора VT4 для надежного его запираения в паузах между импульсами подается положительное смещение через резистор R13. Диод VD3 служит для защиты базового перехода этого транзистора от обратных напряжений. При открытом транзисторе VT3 его эмиттерным током открывается выходной транзистор VT4, в коллекторную цепь которого подключен импульсный трансформатор. Импульсным трансформатором формируется короткий управляющий импульс для открывания соответствующего тиристора в преобразователе. Остальные каналы СИФУ работают аналогично.

Блок управления реверсированием и торможением БУРТ (рис. 1.1) обеспечивает выбор переключателем SA6 (рис. 1.4) режима работы системы подачи: «Вверх» – В (HL10), «Вниз» – Н (HL9), «Тормоз» – Т (HL3).

1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Перед включением стенда необходимо установить органы управления на лицевой панели (рис. 1.4):

- тумблер имитации температурных датчиков Т (SA1) включить (перевести в верхнее положение);

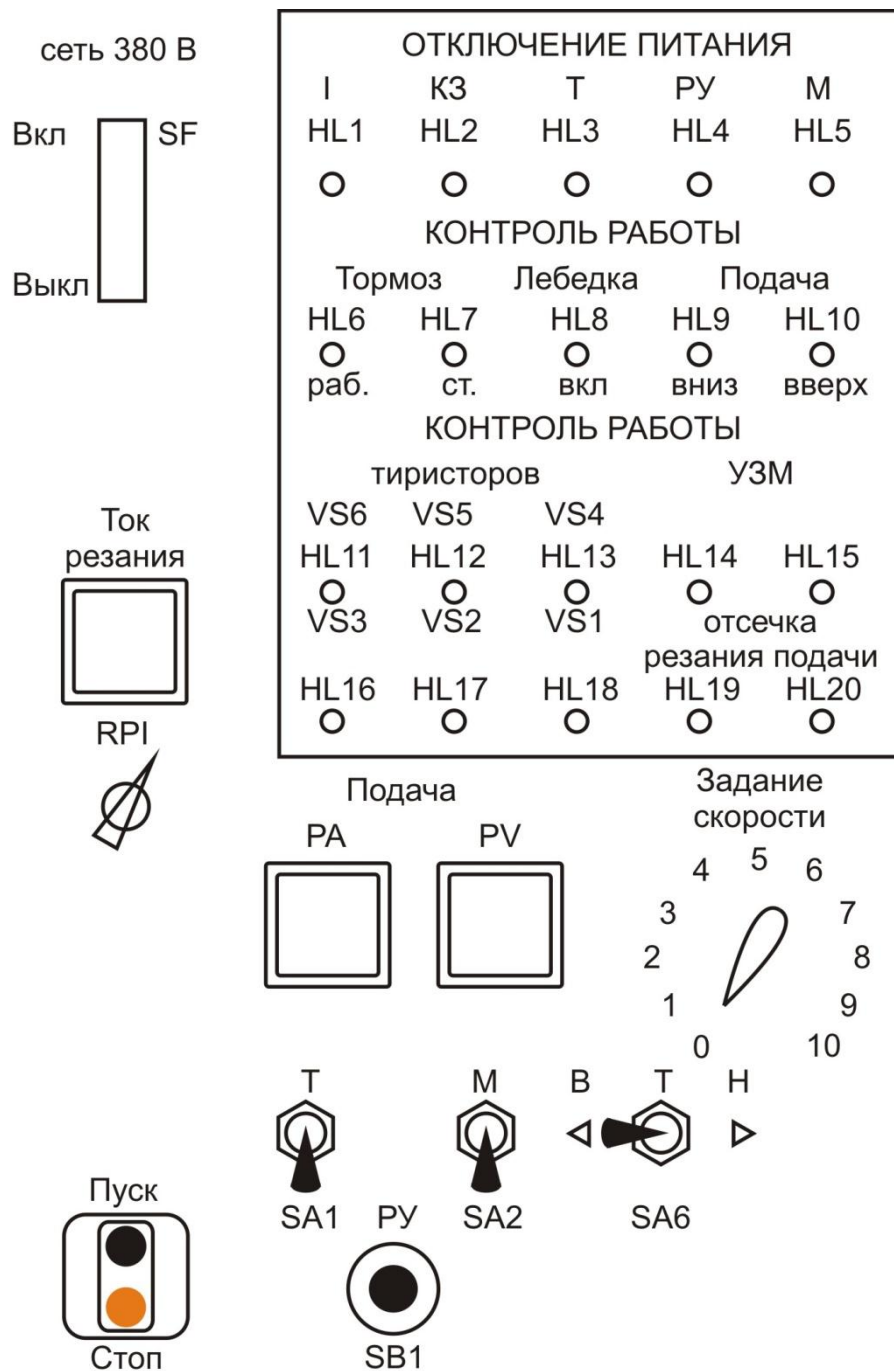


Рис. 1.4. Панель управления станда

- тумблер имитации допустимого максимального момента М (SA2) включить (перевести в верхнее положение);
- установить подвижный контакт реостата, имитирующего нагрузку (ток) двигателя подачи (расположен наверху станда), в среднее положение;
- установить потенциометр RPI, имитирующий нагрузку (ток) двигателя резания, в среднее положение;

- задатчик скорости установить в нулевое положение;
- задатчик направления движения установить в положение Т (SA6).

2. При работе на стенде запрещается переключать между собой контрольные точки, так как это может привести к выходу из строя тиристорного преобразователя и блоков управления.

3. Для включения стенда необходимо с помощью автоматического выключателя SF подать напряжение на схему и нажать кнопку «Пуск». При этом на стенде загораются светодиоды рабочего тормоза (HL6) и контроля работы тиристоров VS1-VS6 (HL11-HL13, HL16-HL18).

4. Включить тумблер направления подачи «Вверх» В или «Вниз» Н (SA6). Через 3-5 секунд произойдет включение контактора направления подачи, о чем сообщит индикатор «Вверх» (HL10) или «Вниз» (HL9). Показания приборов РА и РV должны быть равны нулю. Индикатор рабочего тормоза HL6 погаснет.

5. Задатчик скорости установить в положение «1» и наблюдать включение индикатора HL7, характеризующего отключение стояночного тормоза, а также включение индикатора «Лебедка» (HL8), характеризующего имитацию отключения поддерживающей лебедки.

6. Подключить осциллограф к контрольным точкам СИФУ, выведенным на лицевую панель стенда. Для каждой контрольной точки нужно изобразить в рабочей тетради три осциллограммы напряжений при трех различных значениях задатчика скорости. Перечень контрольных точек СИФУ:

- эмиттер транзистора VT4 (общая точка СИФУ);
- вход компаратора D1;
- выход компаратора D1;
- вход компаратора D2;
- выход компаратора D2;
- коллектор транзистора VT3;
- коллектор транзистора VT4.

7. Для завершения работы вывести задатчик скорости в положение «0», нажать кнопку «Стоп» и отключить питание с помощью автоматического выключателя SF.

8. В отчете необходимо изобразить схему одного канала СИФУ, а также проанализировать полученные осциллограммы

напряжений. Записать вывод о том, какие параметры кривых напряжений в контрольных точках изменяются, а какие остаются неизменными при различных значениях скорости.

1.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью в электроприводе используется управляемый выпрямитель?

2. Почему выпрямитель обмотки возбуждения достаточно сделать полууправляемым по однофазной схеме?

3. Какова роль диодов, включенных встречно-параллельно на выходе выпрямителей УВ1 и УВ2 (рис. 1.1)?

4. Как осуществляется реверсирование электропривода подачи комбайна 1КШЭ? Какие другие способы реверсирования можно было бы применить?

5. Какую роль выполняет блок импульсных трансформаторов БИТ?

6. Какой принцип импульсно-фазового управления преобразователем использован в СИФУ?

7. На каких элементах схемы СИФУ (рис. 1.3) построен генератор опорного напряжения?

8. На каких элементах схемы СИФУ (рис. 1.3) построен нуль-орган?

9. На каких элементах схемы СИФУ (рис. 1.3) построен усилитель-формирователь?

10. Какую роль выполняют диоды в схеме СИФУ (рис. 1.3)?

1.4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника: учеб. для вузов / Ю. С. Забродин. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 496 с.

2. Бурков, А. Т. Электронная техника и преобразователи: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А. Т. Бурков. – М.: Транспорт, 1999. – 464 с.

3. Руководство по эксплуатации 1КШЭ. – 1КШЭ 22.02.000РЭ.

2. Лабораторная работа №2

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ MITSUBISHI СЕРИИ FR-E500

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Получение навыков работы с преобразователем частоты со звеном постоянного тока FR-E540-2,2К-ЕС, анализ осциллограмм напряжений в контрольных точках схемы, а также изучение свойств преобразователя частоты путем снятия характеристик.

2.1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Для осуществления частотного способа регулирования скорости асинхронного двигателя (АД) необходимо иметь преобразователь частоты (ПЧ), на выходе которого по требуемому закону могут изменяться как частота, так и напряжение.

ПЧ по типу связи с питающей сетью делятся на непосредственные преобразователи частоты и преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока. В современных приводах применяются в основном преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока, основными звеньями которого являются выпрямитель, фильтр звена постоянного тока и автономный инвертор.

По типу инвертора преобразователи подразделяются на два класса: с автономным инвертором напряжения (АИН) и с автономным инвертором тока (АИТ). Наибольшее применение в регулируемых асинхронных электроприводах получили преобразователи частоты с автономным инвертором напряжения (рис. 2.1).

Выпрямитель может быть как управляемым, так и неуправляемым. Если выпрямитель управляемый, то амплитуда выходного переменного напряжения регулируется в звене постоянного тока. В случае неуправляемого выпрямителя (НУВ) регулирование выходного напряжения осуществляется в звене переменного тока широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). При этом частота импульсов, промодулированных на полупериоде основной частоты

ты по синусоидальному закону обычно изменяется в диапазоне от 2 кГц до 12 кГц (рис. 2.2). Современные силовые транзисторы типа IGBT, на которых выполняются инверторы, могут работать на частотах до 50 кГц.

Преобразователь частоты FR-E540-2,2К-ЕС, как и большинство современных преобразователей, построен по схеме НУВ – АИН с ШИМ (рис. 2.1).

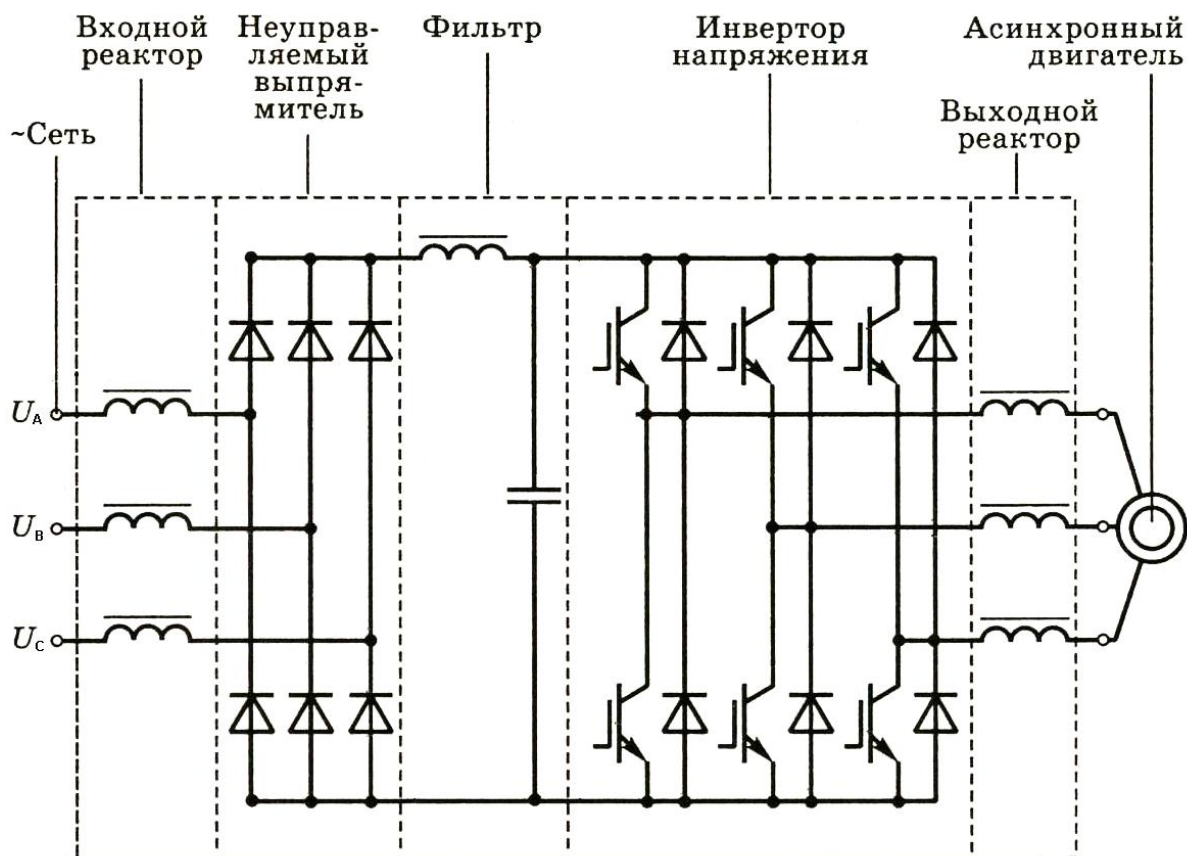


Рис. 2.1. Схема силовых цепей системы привода ПЧ – АД с АИН и широтно-импульсным регулированием

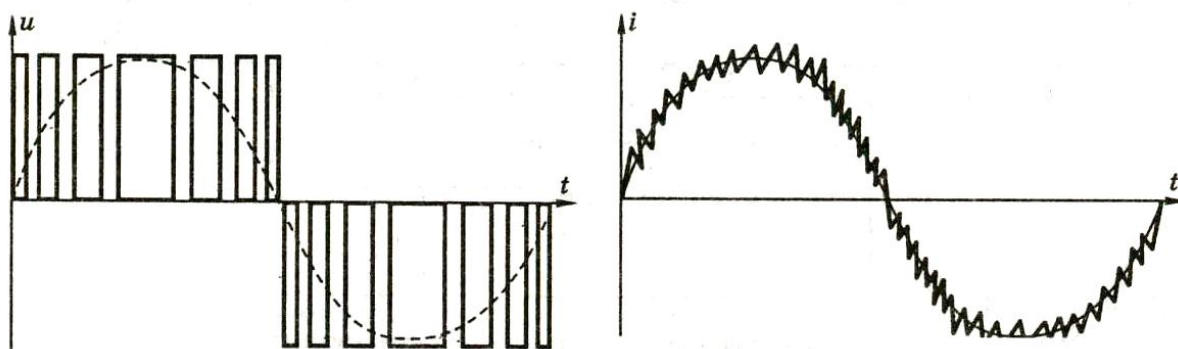


Рис. 2.2. Формы кривых напряжения и тока в фазах обмотки статора АД при питании от ПЧ с ШИМ

2.2. СИЛОВАЯ СХЕМА СТЕНДА

Стенд предназначен для проведения лабораторной работы по исследованию преобразователя частоты со звеном постоянного тока. Он состоит из трех основных узлов: преобразователя частоты со звеном постоянного тока, трехфазного асинхронного двигателя и генераторной установки.

Технические характеристики преобразователя частоты со звеном постоянного тока приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

| | |
|--|---|
| Тип преобразователя частоты | FR-E540-2,2К-ЕС |
| Мощность используемого двигателя, кВт | 2,2 |
| Номинальный выходной ток, А | 6 |
| Номинальное входное напряжение переменного тока, В | Трехфазное 380-480 |
| Выходное напряжение переменного тока, В | Трехфазное 380-480 |
| Перегрузочная способность, % | 150 % – 60 с 200 % – 0,5 с |
| Диапазон выходной частоты, Гц | 0,2-400 |
| Время разгона/торможения, с | 0,1-3600 |
| Входной аналоговый сигнал задания частоты | 0-5 В пост. тока, 0-10 В пост. тока, 4-20 мА пост. тока |
| Масса, кг | 2,1 |

Технические характеристики трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

| | |
|--------------------------------------|-------------|
| Тип двигателя | АИР 80 В4УЗ |
| Номинальная мощность, кВт | 1,5 |
| Номинальное напряжение, В | 380 |
| Номинальный ток, А | 3,5 |
| Номинальная частота вращения, об/мин | 1410 |

Генераторная установка включает в себя синхронный генератор переменного тока Г273-В, встроенный выпрямительный блок БПВ 24-45 и интегральный регулятор напряжения Я102. В качестве нагрузки генератора используется набор сопротивлений, позволяющий ступенчато нагружать его током до 30 А.

Технические характеристики генераторной установки приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Номинальная мощность, кВт | 0,8 |
| Номинальное напряжение на выходе, В | 28 |
| Номинальный ток, А | 28 |
| Частота вращения, об/мин | до 7000 |

В состав силовой схемы стенда, показанной на панели управления стенда (рис. 2.3), входят:

- автоматический выключатель QF;
- преобразователь частоты со звеном постоянного тока FR-E540-2,2K-EC;
- асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АД;
- трехфазный синхронный генератор G;
- трехфазный мостовой выпрямитель VD1-VD6;
- однофазный трансформатор T1;
- однофазный выпрямитель VD7-VD10;
- регулятор напряжения Я102;
- нагрузочные сопротивления R_{н1}, R_{н2}, R_{н3}.

Для контроля, сигнализации и управления на лицевую панель стенда выведены:

- кнопки внешнего управления вращением асинхронного двигателя: ВПЕРЕД, НАЗАД, СТОП;
- кнопка SB1 для кратковременной подачи напряжения на обмотку возбуждения генератора G;
- внешний задатчик частоты;
- светодиод РАБОТА, сигнализирующий о работе асинхронного двигателя;
- светодиод ПЕРЕГРУЗКА, сигнализирующий о работе асинхронного двигателя в режиме перегрузки;

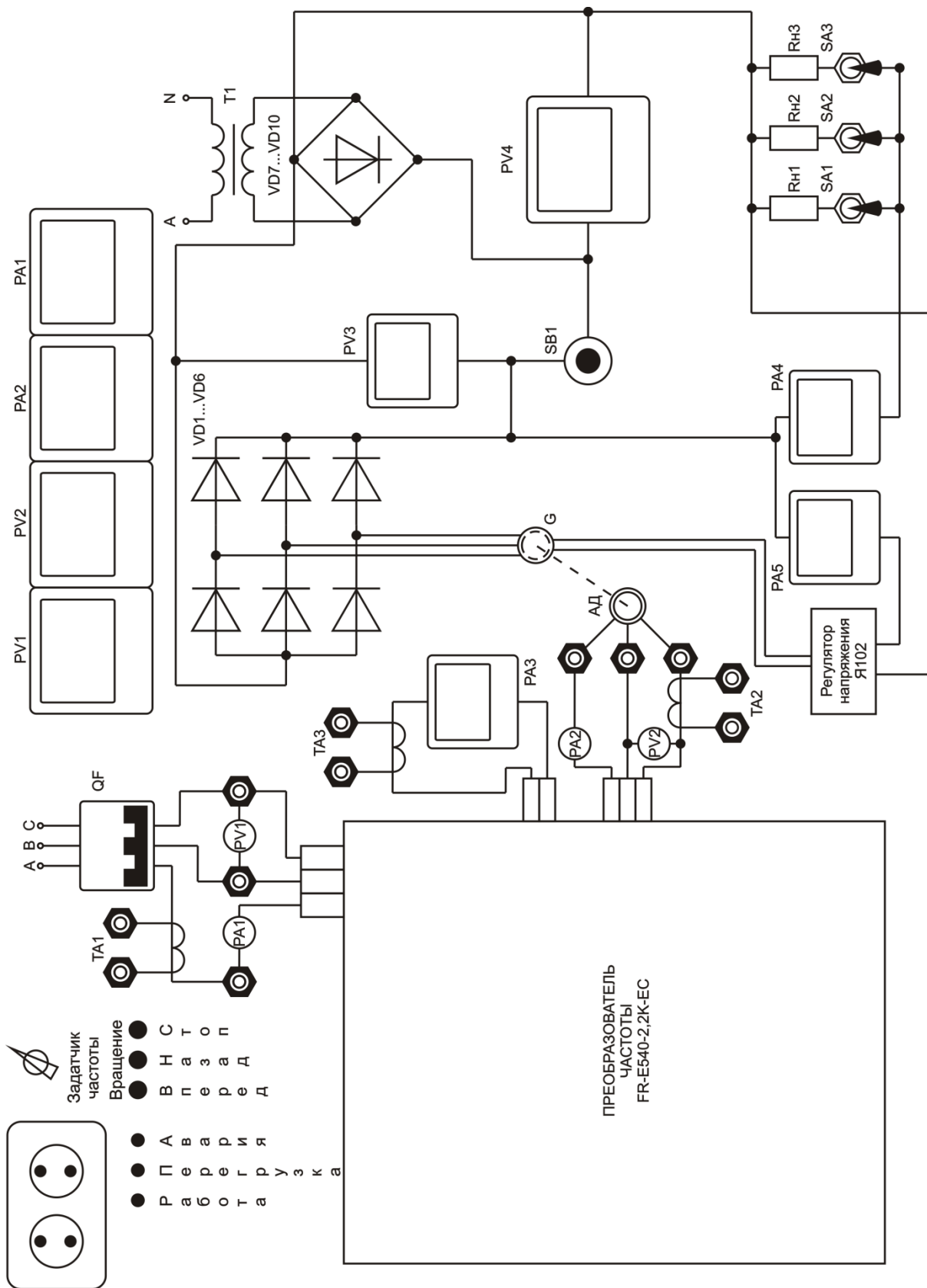


Рис. 2.3. Панель управления стенда

- светодиод АВАРИЯ, сигнализирующий об остановке асинхронного двигателя по причине аварийного режима двигателя или преобразователя частоты;
- тумблеры SA1, SA2, SA3, используемые для ступенчатого изменения нагрузки генератора до 30 А;
- контрольные точки для снятия осциллографом форм тока и напряжения на входе и выходе преобразователя, а также на выходе звена постоянного тока;
- вольтметр PV1 и амперметр PA1, предназначенные для измерения напряжения и тока на входе преобразователя;
- трансформатор тока ТА1, предназначенный для наблюдения с помощью осциллографа формы тока на входе преобразователя;
- вольтметр PV2 и амперметр PA2, предназначенные для измерения напряжения и тока на выходе преобразователя;
- трансформатор тока ТА2, предназначенный для наблюдения с помощью осциллографа формы тока на выходе преобразователя;
- амперметр PA3 для измерения тока в звене постоянного тока;
- трансформатор тока ТА3, предназначенный для наблюдения с помощью осциллографа формы тока в звене постоянного тока;
- вольтметр PV3 и амперметр PA4 для измерения напряжения и тока на выходе выпрямительного блока VD1-VD6 генератора G;
- вольтметр PV4 для измерения напряжения на выходе выпрямительного блока VD7-VD10, предназначенного для кратковременной подачи напряжения на обмотку возбуждения генератора;
- амперметр PA5 для измерения тока в цепи обмотки возбуждения.

2.3. УПРАВЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

Режимы управления

Преобразователь частоты может работать в одном из следующих режимов: «внешнее управление», «управление с пульта», «комбинированное управление» и «управление по последовательному интерфейсу».

Режим внешнего управления (рис. 2.4).

Пар. 79 «выбор режима управления» = 2.



Рис. 2.4

Преобразователь управляется внешними стартовым сигналом и сигналом задания частоты. Стартовый сигнал подается выключателем или реле. Сигнал задания частоты: 0-5 В, 0-10 В, 4-20 мА постоянного тока от внешнего потенциометра.

Запуск невозможен подачей только одного стартового сигнала. Для запуска преобразователя требуется подача обоих сигналов: стартового и сигнала задания частоты.

Режим управления от пульта (рис. 2.5).

Пар. 79 «выбор режима управления» = 1.

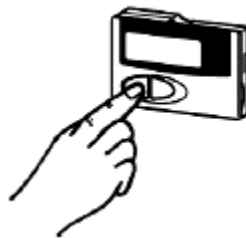


Рис. 2.5

Осуществляется управление с помощью пульта.

Режим комбинированного управления 1 (рис. 2.6).

Пар. 79 «выбор режима управления» = 3.

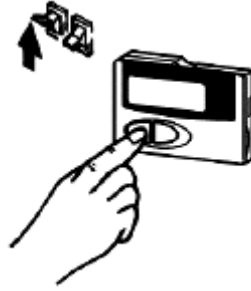


Рис. 2.6

Стартовый сигнал подается извне. Сигнал задания частоты подается с пульта управления.

Режим комбинированного управления 2 (рис. 2.7).

Пар. 79 «выбор режима управления» = 4.

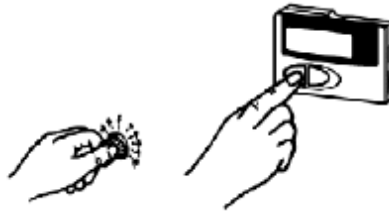


Рис. 2.7

Стартовый сигнал подается нажатием кнопки команды управления на пульте. Сигнал задания частоты подается внешним потенциометром.

Режим управления по последовательному интерфейсу (рис. 2.8).

Пар. 79 «выбор режима управления» = 0 или 1.

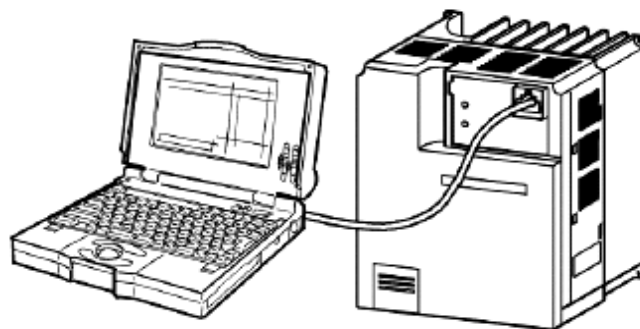


Рис. 2.8

Управление по последовательному интерфейсу может быть осуществлено подключением персонального компьютера к разъему пульта PU с помощью кабеля связи интерфейса RS-485.

Пульт управления

С помощью пульта управления FR-PA02-02 можно эксплуатировать преобразователь, задавать частоту, контролировать отображение команд управления, устанавливать параметры, получать информацию о сбоях в работе.

Названия и функции элементов панели пульта управления FR-PA02-02 приведены на рис. 2.9.

Назначение кнопок пульта отображено в табл. 2.4. Индикация единиц измерения и рабочего состояния показана в табл. 2.5.

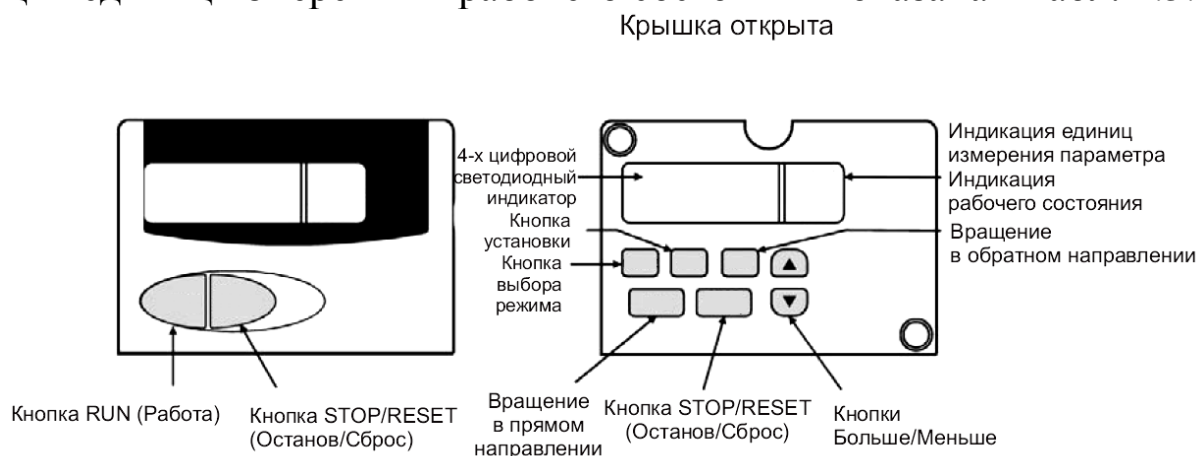


Рис. 2.9

Таблица 2.4

| Кнопка | Описание |
|------------|---|
| RUN | Используется для подачи команды старта. |
| MODE | Выбор режима работы и режима установки. |
| ▲/▼ | Установка частоты и значений параметров. Для последовательного увеличения или уменьшения рабочей частоты. Нажмите и удерживайте эту кнопку для изменения задания частоты. |
| FWD | Для подачи команды вращения в прямом направлении |
| REV | Для подачи команды вращения в обратном направлении |
| STOP/RESET | Для останова работы. Для перезапуска (сброса) преобразователя, когда выход отключен из-за срабатывания защитной функции. |

Таблица 2.5

| Индикация | Описание |
|-----------|---|
| Hz | Светится при индикации частоты. |
| A | Светится при индикации величины тока. |
| RUN | Светится в процессе работы преобразователя. Стабильно светится для индикации вращения в прямом направлении и мигает для индикации вращения в обратном направлении. |
| MON | Светится в режиме отображения мониторинга. |
| PU | Светится в режиме управления от пульта PU. |
| EXT | Светится в режиме внешнего управления. |

Переключение режимов пульта управления нажатием кнопки MODE показано на рис. 2.10.

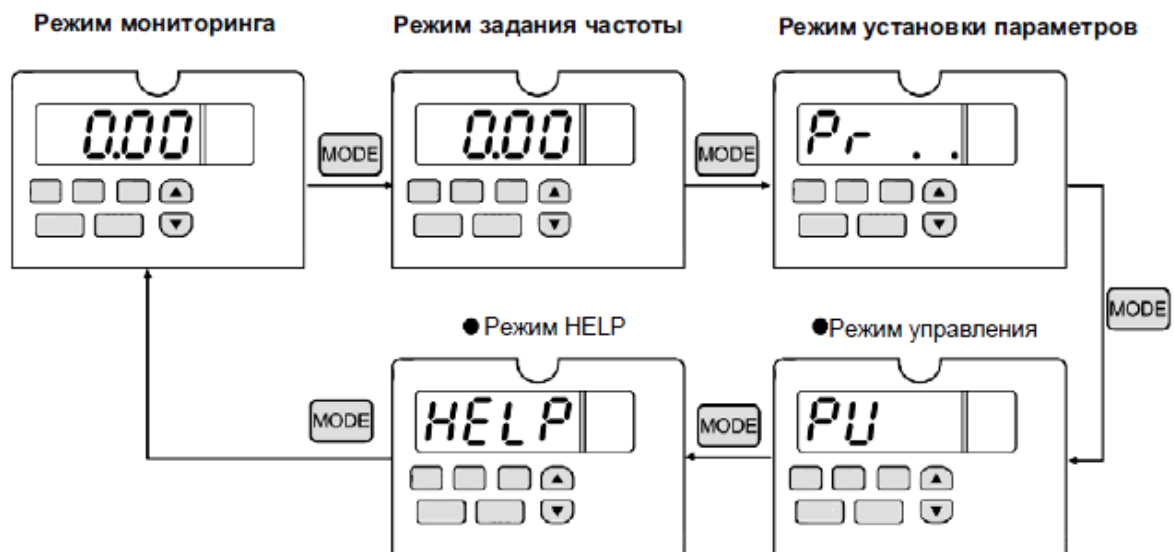


Рис. 2.10

Режим задания частоты доступен только в режиме управления с пульта PU.

Переключение отображаемой величины в режиме мониторинга нажатием кнопки SET показано на рис. 2.11.

На индикаторе отображается способ управления. Свечение EXT означает внешнее управление. Свечение PU означает управление с пульта PU. Одновременное свечение EXT и PU означает комбинированное управление.

Отображаемую величину можно менять в процессе работы.

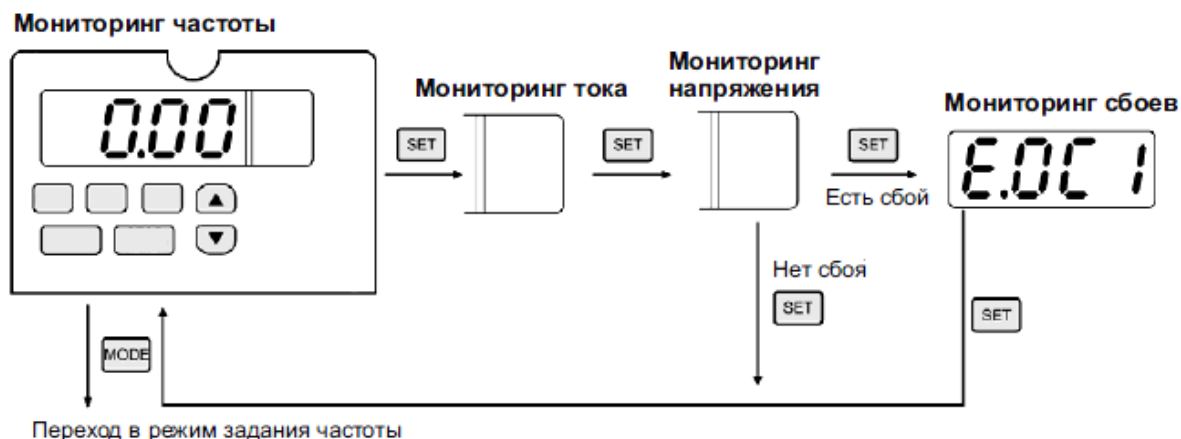


Рис. 2.11

Установка заданного значения частоты показана на рис. 2.12.

В этом режиме устанавливается значение частоты, которое будет использоваться для операций, выполняемых при подаче команд нажатием кнопки RUN, FWD или REV в режиме управления с пульта. Этот режим отображается только при управлении от пульта PU.



Рис. 2.12

Установка значения параметра показана на рис. 2.13.

Установка значения параметра осуществляется путем ввода каждой цифры с помощью кнопок ▲/▼. Для записи значения измените его и нажмите кнопку SET на 1,5 с. Изменение установ-

ки пар. 79 «выбор режима управления» с «1» (режим управления с пульта PU) на «2» (режим внешнего управления) показано на рис. 2.13.

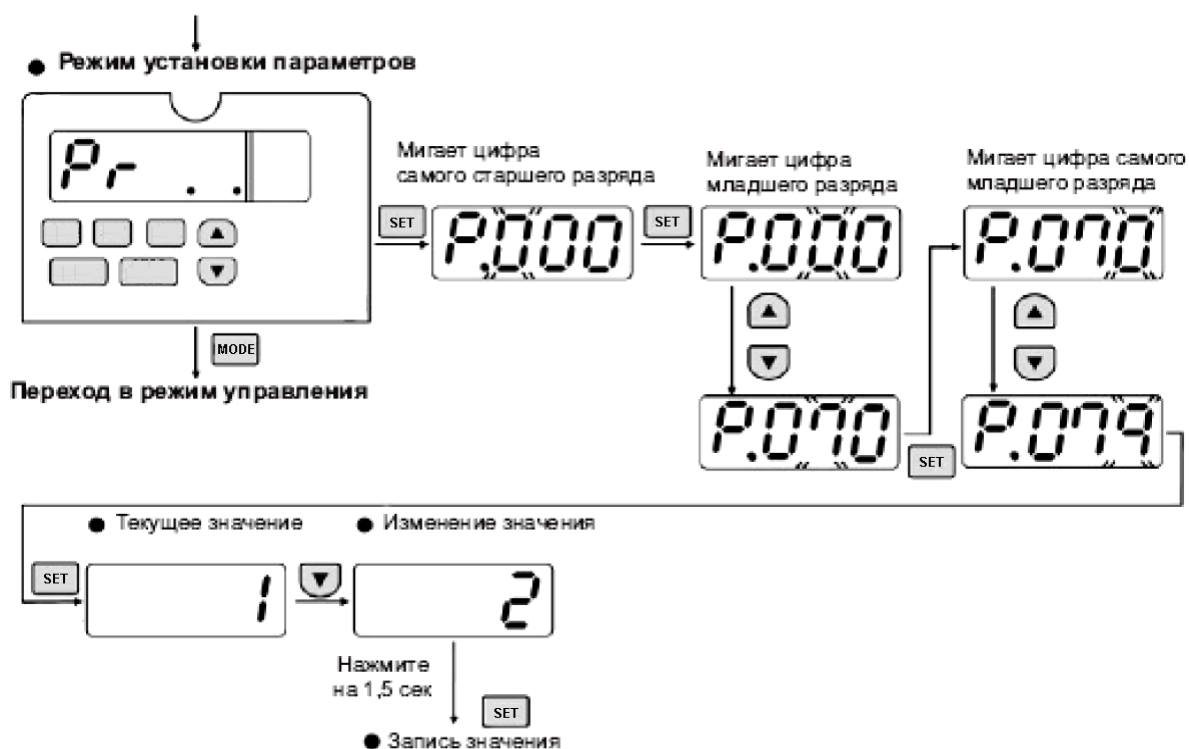


Рис. 2.13

2.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подайте питание на стенд автоматическим выключателем QF. При включении автоматического выключателя QF напряжение питания из сети подается на вход преобразователя, а также на вход выпрямительного блока VD7-VD10, предназначенного для кратковременной подачи напряжения на обмотку возбуждения генератора G.

2. Убедитесь, что на панели пульта управления преобразователя частоты горит сигнал EXT. В противном случае включите режим внешнего управления, руководствуясь методикой описанной на рис. 2.13. Преобразователь готов к работе.

3. Поверните ручку задатчика частоты против часовой стрелки до упора, тем самым, оберегая себя от неожиданного пуска двигателя при нажатии кнопки ВПЕРЕД на стенде.

4. Нажмите кнопку ВПЕРЕД. При этом загорится индикатор RUN, сигнализирующий о том, что двигатель будет вращаться в прямом направлении.

5. Вращайте ручку задатчика частоты по часовой стрелке. При этом показания частоты будут увеличиваться. По достижении задаваемой стартовой частоты (стартовая частота $f = 0,5$ Гц) двигатель начинает вращаться, а на лицевой панели стенда загорится светодиод РАБОТА. Прибор PV2 будет показывать величину напряжения в цепи двигателя, которую также можно наблюдать на индикаторе пульта управления в режиме мониторинга напряжения. Прибор PA2 будет показывать величину тока в цепи двигателя, а амперметр PA3 величину тока на выходе звена постоянного тока.

6. С помощью осциллографа понаблюдайте кривые тока и напряжения в контрольных точках при работе двигателя в режиме холостого хода в диапазоне частот напряжения $f = 0,5-120$ Гц.

7. Чтобы нагрузить двигатель необходимо сначала возбудить генератор. Для этого, вращая ручку задатчика частоты по часовой стрелке, установите частоту на панели пульта управления не ниже 40 Гц. Затем кратковременным нажатием кнопки SB1 подайте напряжение на обмотку возбуждения генератора G по цепи: трансформатор T1, «плюс» выпрямителя VD7-VD10, кнопка SB1, амперметр PA5, регулятор напряжения Я102, обмотка возбуждения генератора G, регулятор напряжения Я102, «минус» выпрямителя VD7-VD10.

8. После подачи напряжения на обмотку возбуждения магнитное поле ротора генератора наводит ЭДС в статорной обмотке. Напряжение со статора подается на встроенный в генератор выпрямитель VD1-VD6, выполненный по трехфазной мостовой схеме. «Плюс» выпрямителя подается через амперметр PA5 и регулятор напряжения Я102 на обмотку возбуждения генератора G. Таким образом, происходит самовозбуждение генератора. Вольтметр PV3 будет показывать величину напряжения на выходе выпрямительного блока VD1-VD6.

9. Теперь генератор можно нагружать. Это происходит следующим образом. Включая тумблер SA1, подключите нагрузочное сопротивление Rн1 по цепи: «плюс» выпрямительного блока VD1-VD6, амперметр PA4, нагрузочное сопротивление Rн1,

«минус» выпрямителя VD1-VD6. При этом амперметр PA4 будет показывать величину тока в этой цепи. Включая тумблер SA2, подключите нагрузочное сопротивление Rн2 параллельно нагрузочному сопротивлению Rн1. Далее, включая тумблер SA3, подключите нагрузочное сопротивление Rн3 параллельно нагрузочным сопротивлениям Rн1 и Rн2. С возрастанием нагрузки на генераторе будет возрастать момент нагрузки на валу асинхронного двигателя, а, следовательно, и ток в его статорной обмотке. Возрастание тока в статорной обмотке асинхронного двигателя можно проследить по показаниям амперметра PA2 или по показаниям индикатора пульта управления в режиме мониторинга тока. При работе под нагрузкой в контрольных точках можно наблюдать осциллограммы токов и напряжений на входе и выходе преобразователя, а также осциллограмму тока в звене постоянного тока.

10. Прделайте пункты 7-9 несколько раз при различных заданных частотах и запишите показания приборов в табл. 2.6.

Таблица 2.6

| Нагрузка | f, Гц | PV1, В | PA1, А | PV2, В | PA2, А | PV3, В | PA3, А | PV4, В | PA4, А | PA5, А |
|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Холостой ход | 40 | | | | | | | | | |
| Rн1 | 40 | | | | | | | | | |
| Rн1+Rн2 | 40 | | | | | | | | | |
| Rн1+Rн2+Rн3 | 40 | | | | | | | | | |
| Холостой ход | 50 | | | | | | | | | |
| Rн1 | 50 | | | | | | | | | |
| Rн1+Rн2 | 50 | | | | | | | | | |
| Rн1+Rн2+Rн3 | 50 | | | | | | | | | |
| Холостой ход | 60 | | | | | | | | | |
| Rн1 | 60 | | | | | | | | | |
| Rн1+Rн2 | 60 | | | | | | | | | |
| Rн1+Rн2+Rн3 | 60 | | | | | | | | | |

11. По данным табл. 2.6 нарисуйте графики следующих зависимостей:

- выходного напряжения преобразователя $U_{\text{вых}}$ (PV2) от частоты f в режиме холостого хода;
- входного тока преобразователя $I_{\text{вх}}$ (PA1) от выходного тока преобразователя $I_{\text{вых}}$ (PA2) при различных частотах;

- выходного тока преобразователя $I_{\text{вых}}$ (РА2) от тока нагрузки $I_{\text{нагр}}$ (РА4) при различных частотах;
- тока возбуждения генератора $I_{\text{возб}}$ (РА5) от тока нагрузки $I_{\text{нагр}}$ (РА4) при различных частотах.

2.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую роль в силовой схеме выполняет регулятор напряжения Я102 (рис. 2.3)?
2. Для какой цели нужны сопротивления $R_{н1}$, $R_{н2}$ и $R_{н3}$ (рис. 2.3)?
3. Какой тип возбуждения синхронного генератора применен в схеме?
4. Какова роль диодов VD1...VD6 и VD7...VD10 (рис. 2.3)?
5. Для чего в схеме нужна кнопка SB1 (рис. 2.3)?
6. Проанализируйте зависимость выходного напряжения преобразователя $U_{\text{вых}}$ (PV2) от частоты f в режиме холостого хода.
7. Проанализируйте зависимость входного тока преобразователя $I_{\text{вх}}$ (РА1) от выходного тока преобразователя $I_{\text{вых}}$ (РА2) при различных частотах.
8. Проанализируйте зависимость выходного тока преобразователя $I_{\text{вых}}$ (РА2) от тока нагрузки $I_{\text{нагр}}$ (РА4) при различных частотах.
9. Проанализируйте зависимость тока возбуждения генератора $I_{\text{возб}}$ (РА5) от тока нагрузки $I_{\text{нагр}}$ (РА4) при различных частотах.

2.6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по эксплуатации транзисторного преобразователя частоты Mitsubishi серии FR-E500;
2. Зиновьев, Г. С. Основы силовой электроники: учеб. пособие / Г. С. Зиновьев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с.

3. Лабораторная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение характеристик транзисторных преобразователей и стабилизаторов постоянного напряжения, работающих в импульсном режиме, выполненных на биполярных, полевых и IGBT транзисторах, а также сравнение ключевого режима работы транзисторов различного типа при активно-индуктивной нагрузке, шунтированной диодом.

3.1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В состав лабораторной установки входит модуль «Преобразователь постоянного напряжения», «Модуль измерительный» и «Модуль мультиметров». Лицевая панель модуля «Преобразователь постоянного напряжения» представлена на рис. 3.1. На ней изображена мнемосхема, и установлены коммутирующие, регулирующие и измерительные элементы. Силовая часть схемы состоит из источника питания (ИП), на выходе которого включен конденсатор фильтра $C_{\text{ф}}$, силовых транзисторных ключей $VT1$, $VT2$ и $VT3$, диода VD , шунтирующего активно-индуктивную нагрузку $R_{\text{н}}$, $L_{\text{н}}$. Параллельно регулируемому резистору $R_{\text{н}}$ с помощью тумблера $SA3$ может подключаться конденсатор $C_{\text{н}}$. Напряжение на выходе ИП регулируется с помощью потенциометра $RP1$.

Система управления (СУ) выдает на выходе управляющие импульсы, которые подаются на входы силовых транзисторов. Частота импульсов изменяется тумблером $SA1$ и составляет 5 или 10 кГц.

Для регулирования постоянного напряжения тумблер $SA2$ переключается в положение «Рег». При этом длительность управляющих импульсов и напряжение на нагрузке регулируются потенциометром $RP2$. Относительная длительность включения транзисторов γ (скважность) отображается прибором $PA1$.

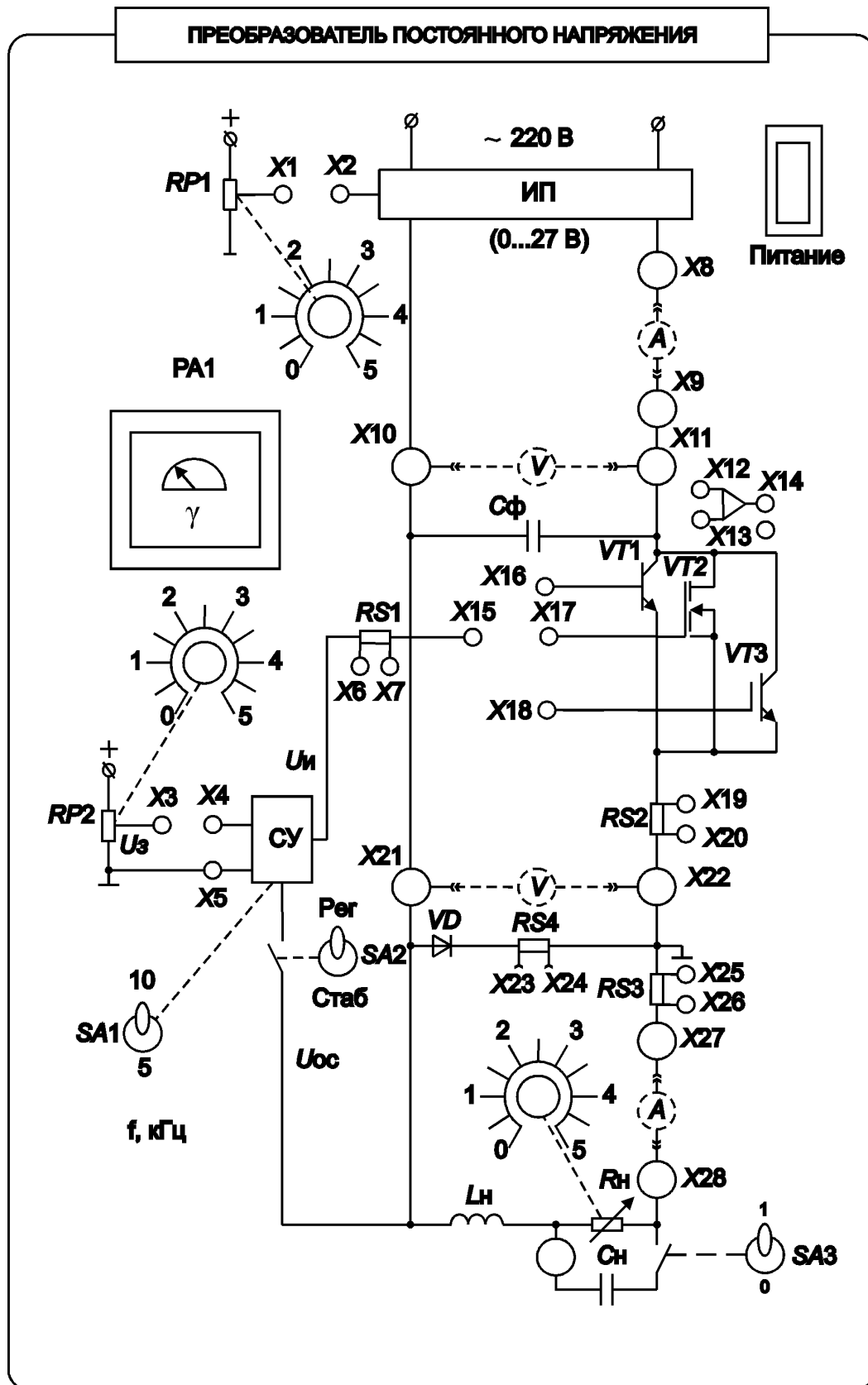


Рис. 3.1. Лицевая панель модуля
«Преобразователь постоянного напряжения»

В режиме стабилизации постоянного напряжения тумблер *SA2* переключается в положение «Стаб». При этом величина стабильного выходного напряжения также устанавливается потенциометром *RP2*.

Для получения осциллограмм тока на входе силового транзистора установлен шунт *RS1* номиналом 10 Ом. Для получения осциллограмм токов силовых транзисторов (эмиттера, истока) i_{VT} , нагрузки i_n и диода i_d установлены шунты (*RS2*, *RS3* и *RS4*). Сопротивления этих шунтов 1 Ом.

ВНИМАНИЕ! Земля (корпус) осциллографа должна быть постоянно приближена к общей точке соединения *RS2*, *RS3*, *RS4*, обозначенной « \perp ». Поэтому корпус осциллографа « \perp » последовательно подключается к гнездам *X20*, *X24*, *X25* при измерении соответствующих токов. При использовании двух каналов осциллографа одновременно вход первого канала *CH1* используется для измерения токов, а вход второго канала *CH2*, подключаемый через выносной делитель (1:10), используется для измерения напряжений в схеме. При указанном подключении осциллограмма тока нагрузки i_n имеет отрицательную полярность. При подаче сигналов с шунтов через усилитель, расположенный на панели (гнезда *X12*-*X14*), осциллограммы будут сориентированы правильно. При измерении напряжений осциллограммы можно правильно сориентировать с помощью кнопки инверсии второго канала «*CH2 INV*», расположенной на лицевой панели осциллографа.

3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.2.1. Экспериментальное исследование преобразователя постоянного напряжения

А. Собрать схему для исследования преобразователя постоянного напряжения в соответствии с рис. 3.2. Дополнительные переключки и измерительные приборы, подключаемые в схему, показаны штриховой линией.

В табл. 3.1 приведены измерительные приборы, используемые в лабораторной работе, в соответствии с принятыми обозначениями на принципиальной схеме (рис. 3.2).

Таблица 3.1

| Измеряемые величины | Обозначение прибора | Предел измерения | Месторасположение прибора (название модуля) |
|------------------------------|---------------------|------------------|---|
| Напряжение на входе U_d | <i>PV1</i> | ≈ 200 В | Модуль мультиметров |
| Ток на входе I_d | <i>PA1</i> | ≈ 2 А | Модуль измерительный |
| Напряжение на нагрузке U_n | <i>PV2</i> | ≈ 200 В | Модуль мультиметров |
| Ток нагрузки I_n | <i>PA2</i> | ± 2 А | Модуль измерительный |

Гнездо $X15$ соединить с $X17$, подключив в схему полевой транзистор $VT2$. Тумблером $SA1$ установите частоту широтно-импульсной модуляции (ШИМ) $f_{\text{ШИМ}}=5$ кГц. Тумблер $SA2$ установить в положение «Рег», а $SA3$ в положение «0» (конденсатор C_n отключен). Ручки потенциометров $RP1$, $RP2$ и реостата R_n установить в положение «0». Установить требуемые пределы измерений на измерительных приборах согласно табл. 3.1. Включить выключатель питания модуля «Преобразователь постоянного напряжения».

Б. Снять осциллограммы напряжения на транзисторном ключе u_{VT} и тока через транзистор i_{VT} . Для этого установить напряжение на входе $U_d=15$ В и скважность $\gamma=0,5$ ручкой потенциометра $RP1$ и $RP2$ соответственно. Ручкой реостата R_n по амперметру $PA2$ установить ток нагрузки $I_n=0,3$ А. Первый канал осциллографа $CH1$ подключить к шунту $RS2$ («+» – гнездо $X19$, корпус осциллографа «L» – гнездо $X20$), а канал $CH2$ – к гнезду $X11$ (напряжение на транзисторном ключе). Зарисовать с экрана осциллографа требуемые осциллограммы. Определить масштабы по напряжению, току и времени.

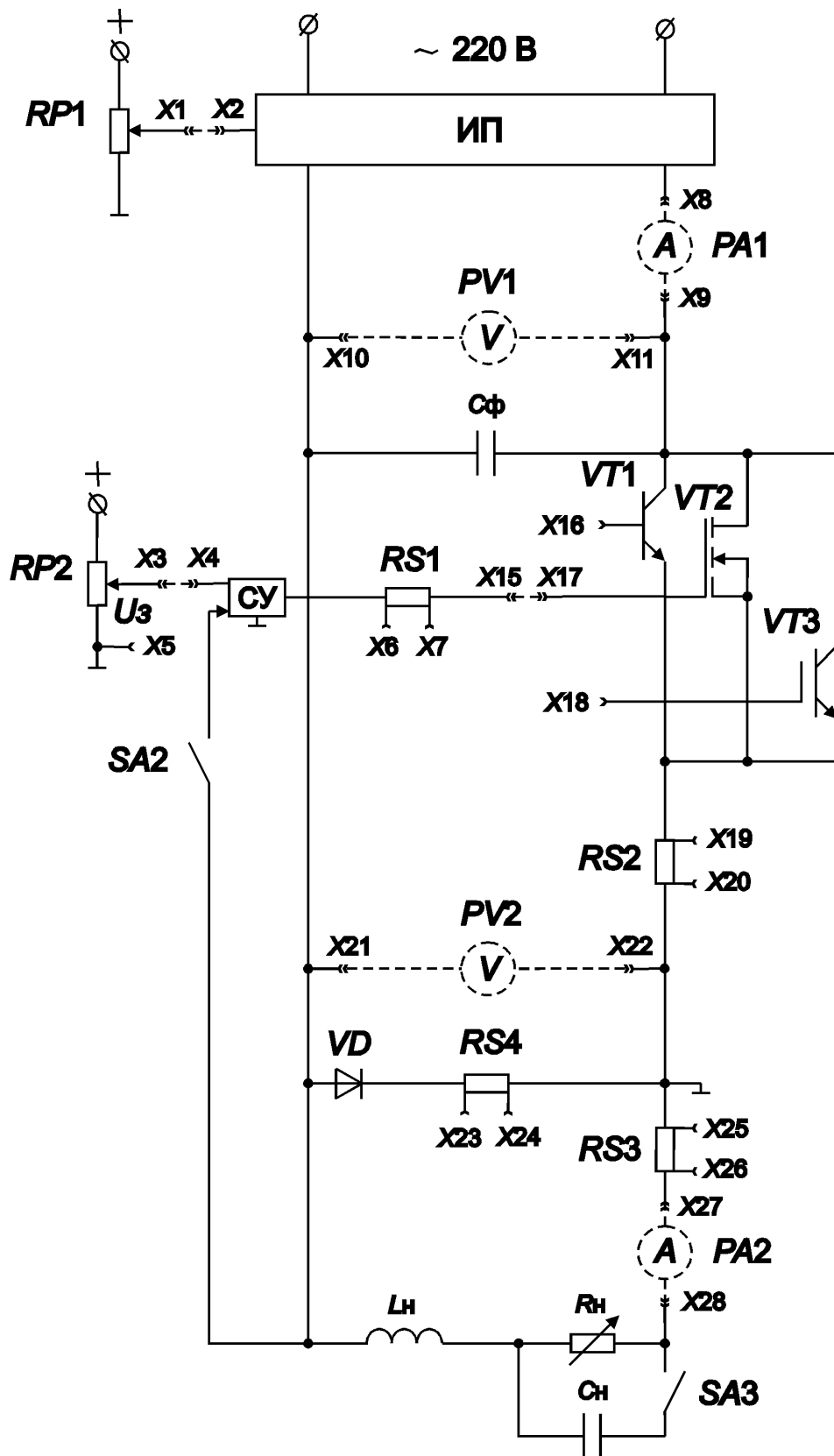


Рис. 3.2. Схема для исследования преобразователя постоянного напряжения

В. Снять осциллограммы напряжения на нагрузке u_n и тока через диод i_d при тех же заданных значениях U_d , γ и I_n . Для этого канал *CH1* осциллографа подключить к шунту *RS4* («+» – гнездо *X23*, корпус осциллографа «┴» – гнездо *X24*), а канал *CH2* – к гнезду *X21* (напряжение на нагрузке). Для получения положительного отклонения напряжения u_n нажать кнопку *CH2 INV* на осциллографе. Зарисовать с экрана осциллографа требуемые осциллограммы.

Г. Снять осциллограммы напряжения на нагрузке u_n и тока нагрузки i_n при тех же заданных значениях U_d , γ и I_n . Для этого канал *CH1* осциллографа подключить к шунту *RS3* («+» – гнездо *X26*, корпус осциллографа «┴» – гнездо *X25*), а канал *CH2* – к гнезду *X21* (напряжение на нагрузке). Зарисовать с экрана осциллографа требуемые осциллограммы.

Д. Исследовать влияние частоты ШИМ $f_{\text{ШИМ}}$ преобразователя на коэффициент пульсаций q тока нагрузки I_n . Для этого переключить канал *CH1* осциллографа на вход «АС» (переменная составляющая входного сигнала). Замерить двойную амплитуду пульсаций тока нагрузки ΔI_n . Определить коэффициент пульсаций $q = \Delta I_n / (2 \cdot I_n)$. Переключить тумблер *SA1* в положение $f_{\text{ШИМ}} = 10$ кГц и снова определить коэффициент пульсаций q . Вернуть тумблер *SA1* в положение $f_{\text{ШИМ}} = 5$ кГц.

Е. Подключить емкость сглаживающего фильтра C_n тумблером *SA3* и посмотреть осциллограммы u_n и i_n при заданных значениях $U_d = 15$ В, $\gamma = 0,5$, $I_n = 0,3$ А и $f_{\text{ШИМ}} = 5$ кГц. Обратить внимание на то, что формы кривых u_n и i_n практически не изменяются. Снять также осциллограммы напряжения на резисторе R_n при подключенном и отключенном конденсаторе C_n .

Ж. Снять регулировочную $U_n = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_n = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном сопротивлении нагрузки R_n и заданных $U_d = 15$ В и $f_{\text{ШИМ}} = 5$ кГц. Сопротивление R_n установить по заданной точке: скважности $\gamma = 0,5$ и току нагрузки $I_n = 0,3$ А. Изменяя γ ручкой потенциометра *RP2* в диапазоне от нуля до максимально возможного значения, фиксировать показания U_d , I_d , U_n , I_n . Показания занести в табл. 3.2.

Энергетические показатели рассчитать по следующим формулам: мощность на входе – $P_d=U_d \cdot I_d$, мощность на нагрузке – $P_n=U_n \cdot I_n$, КПД – $\eta=P_n/P_d$. Показатели занести в табл. 3.2. Построить характеристики.

Таблица 3.2

| № | Г | U_d | I_d | U_n | I_n | P_d | P_n | З |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |

3. Снять внешнюю $U_n=F(I_n)$ и энергетические $P_d=F(I_n)$, $P_n=F(I_n)$, $\eta=F(I_n)$ характеристики преобразователя при постоянной скважности γ для заданных $U_d=15$ В и $f_{ШИМ}=5$ кГц. Для этого потенциометром *RP2* установить скважность $\gamma=0,5$. Изменяя сопротивление нагрузки реостатом R_n , фиксировать показания U_d , I_d , U_n , I_n . Показания занести в табл. 3.3, построить характеристики.

Таблица 3.3

| № | U_d | I_d | U_n | I_n | P_d | P_n | З |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

3.2.2. Экспериментальное исследование импульсного стабилизатора постоянного напряжения

А. Собрать схему импульсного стабилизатора постоянного напряжения (рис. 3.2). Для этого переключить тумблер SA2 в положение «Стаб», замкнув тем самым цепь обратной связи по напряжению.

Б. Снять зависимости (в замкнутой системе) $U_H = F(U_d)$, $\gamma = F(U_d)$ при постоянном напряжении задания U_3 и сопротивлении нагрузки R_H . Для этого ручками потенциометра $RP1$ и $RP2$ установить значения напряжений $U_d = 15$ В и $U_H = 10$ В. При выставленных значениях U_d и U_H установить ток нагрузки $I_H = 0,5$ А реостатом R_H и на протяжении всего опыта не трогать положение ручки потенциометра R_H . Изменяя напряжение U_d на входе от нуля до максимально возможного значения, фиксировать показания U_d , U_H и γ . Показания занести в табл. 3.4, построить характеристики.

Таблица 3.4

| № | U_d | U_H | γ |
|---|-------|-------|----------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

В. Снять внешнюю $U_H = F(I_H)$ и энергетическую $\eta = F(I_H)$ характеристики стабилизатора, при неизменном напряжении задания U_3 и заданных $U_d = 15$ В, $U_H = 10$ В и $f_{ШИМ} = 5$ кГц. Для этого потенциометрами $RP1$ и $RP2$ установить заданные напряжения U_d и U_H . Изменяя сопротивление нагрузки реостатом R_H , фиксировать показания U_d , I_d , U_H , I_H . Показания занести в табл. 3.5, построить характеристики.

Таблица 3.5

| № | U_d | I_d | U_H | I_H | P_d | P_H | η |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

3.2.3. Экспериментальное исследование транзисторных ключей при активно-индуктивной нагрузке, шунтированной диодом

А. При работе стабилизатора в режиме непрерывного тока снять осциллограммы напряжения на ключе u_{VT} и тока через ключ i_{VT} для трех типов транзисторов (биполярного, полевого и *IGBT*) для заданных значений $U_d=15$ В, $U_n=10$ В и $f_{ШИМ}=5$ кГц. Для этого сначала установить переключку между гнездами X15-X16, подключив выход системы управления СУ к биполярному транзистору. Переключить тумблер SA2 в положение «Стаб», замкнув тем самым цепь обратной связи по напряжению. Канал CH1 осциллографа подключить к шунту RS2 («+» – гнездо X19, корпус осциллографа «L» – гнездо X20), а канал CH2 – к гнезду X11 (напряжение на транзисторном ключе). Зарисовать осциллограммы для биполярного транзистора VT1. Провести аналогичные действия для других типов транзисторов, последовательно переключая выход СУ к входам VT2 и VT3 переключками между гнездами X15-X17 и X15-X18 соответственно. Обратить особое внимание на начало и конец импульса тока.

Б. Снять осциллограммы токов управления для трех типов транзисторов и осциллограммы напряжения на нагрузке u_n при заданных значениях $U_d=15$ В, $U_n=10$ В и $f_{ШИМ}=5$ кГц. Для этого канал CH1 осциллографа подключить к шунту RS1 («+» – гнездо X6, корпус осциллографа «L» – гнездо X7), а канал CH2 – к гнезду X21 (напряжение на нагрузке u_n). Для правильного отклонения напряжения u_n нажать кнопку CH2 INV на осциллографе. Зарисовать осциллограммы для всех типов транзисторов. Обратить особое внимание на начало и конец импульса тока управления транзисторов.

В. Определить КПД для трех типов транзисторных ключей при заданных значениях $U_d=15$ В, $U_n=10$ В и $f_{ШИМ}=5$ кГц. Для этого переключать переключку на входах X16, X17, X18 транзисторов (рис. 3.2), одновременно фиксируя значения U_d , I_d , U_n , I_n . Показания занести в табл. 3.6. Рассчитать КПД, сравнить результаты.

Г. Повторить предыдущий пункт при частоте $f_{\text{ШИМ}}=10$ кГц. Данные занести в табл. 3.6.

Д. Выключить выключатель питания модуля «Преобразователь постоянного напряжения».

Таблица 3.6

| $f_{\text{ШИМ}}$ | Транзистор | U_d | I_d | U_H | I_H | P_d | P_H | з |
|------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 5 кГц | VT1 | | | | | | | |
| | VT2 | | | | | | | |
| | VT3 | | | | | | | |
| 10 кГц | VT1 | | | | | | | |
| | VT2 | | | | | | | |
| | VT3 | | | | | | | |

3.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- а) наименование и цель работы;
- б) принципиальную силовую схему установки;
- в) обработанные осциллограммы;
- г) результаты экспериментальных исследований, помещенные в таблицы;
- д) экспериментально снятые и построенные характеристики (регулируемые, внешние и энергетические);
- е) определение коэффициента стабилизации стабилизатора по зависимости $U_H=F(U_d)$: $k_{\text{СТ}}=(\Delta U_d/U_d)/(\Delta U_H/U_H)$ при $I_H=\text{const}$;
- ж) определение выходного сопротивления стабилизатора по зависимости $U_H=F(I_H)$: $R_{\text{ВЫХ}}=\Delta U_H/\Delta I_H$ при $U_d=\text{const}$;
- з) выводы по работе:
 - поясните влияние частоты ШИМ преобразователя $f_{\text{ШИМ}}$ на коэффициент пульсаций тока нагрузки q ;
 - объясните влияние скважности γ на КПД преобразователя постоянного напряжения;
 - объясните влияние тока нагрузки I_H на вид внешних и энергетических характеристик преобразователя постоянного напряжения и стабилизатора;

- сравните показатели стабилизаторов с транзисторными ключами различных типов по КПД;
- оцените влияние частоты ШИМ на КПД стабилизатора с различными транзисторными ключами;
- сравните формы токов и напряжений в транзисторных ключах различных типов.

3.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества и недостатки импульсных и непрерывных стабилизаторов.
2. Что такое регулировочная и внешняя характеристики преобразователя постоянного напряжения? Какой вид они имеют?
3. До какого предела можно уменьшать напряжение источника питания, чтобы напряжение на нагрузке стабилизатора еще могло оставаться стабильным?
4. На что влияет изменение частоты ШИМ?
5. Как определить коэффициент пульсаций тока нагрузки?
6. Как определить КПД стабилизатора?
7. На что влияет подключение конденсатора C_H в схеме на рис. 4.2?
8. Как подключать входы двухканального осциллографа к силовой схеме при осциллографировании токов и напряжений?
9. На что влияет изменение типа транзисторов?

3.5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рег, Д. Промышленная электроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 1136 с.
<http://www.biblioclub.ru/book/86387/>
2. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника: учебник для вузов. – М.: Альянс, 2008. – 496 с.
3. Прянишников, В. А. Электроника: полный курс лекций. – СПб.: Корона-принт, 2009.
4. Зиновьев, Г. С. Основы силовой электроники: учеб пособие для студентов. – Новосибирск: НГТУ, 2004.
5. Попков, О. З. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2005.