

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам
по дисциплине
ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРОННЫЕ
СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

для студентов специальности
1003.02 – «Эксплуатация судовых
энергетических установок»

всех форм обучения

Севастополь
2007

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электроника и электронные средства управления» для студентов всех форм обучения специальности 1003.02 - «Эксплуатация судовых энергетических установок»/ Разраб. С.А. Конева – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007.- 48 с.

Цель методических указаний: оказать помощь студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Электроника и электронные средства управления».

Методические указания утверждены на заседании кафедры «Судовые и промышленные электромеханические системы», протокол № 9 от 27 июня 2007 г.

Допущено учебно - методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: канд. техн., наук, доцент Шощкий А.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Лабораторная работа №1	5
Исследование статических характеристик полупроводниковых приборов	
2. Лабораторная работа №2	11
Исследование статических характеристик полупроводниковых тиристорov и транзисторов	
3. Лабораторная работа №3	18
Проверка работоспособности интеграль- ных логических элементов	
4. Лабораторная работа №4	26
Исследование нерегулируемых трехфаз- ных выпрямителей	
5. Лабораторная работа №5	36
Исследование симметричного триггера на интегральных микросхемах	
Библиографический список	45

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по курсу "Электроника и электронные средства управления" имеют целью закрепить теоретические знания, развить навыки экспериментальных исследований, научить студентов умело и целенаправленно оценивать технические характеристики и эксплуатационные свойства элементной базы электронных приборов.

Тематика лабораторных работ включает вопросы, связанные с изучением и исследованием полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, а также различных функциональных устройств.

Лабораторные работы выполняются по цикловому методу группой, состоящей из двух-трех студентов. При подготовке к выполнению работы студенты обязаны проработать теоретический материал, относящийся к данной работе. Перед началом работы руководитель проводит контрольную проверку готовности студентов к выполнению работы.

По окончании каждой лабораторной работы оформляется отчет в виде протокола испытаний на листах формата А4.

Защита лабораторных работ производится бригадой, выполнявшей работы, с индивидуальным опросом каждого студента.

1. Лабораторная работа №1

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

1. Цель работы

Ознакомиться с принципом работы и конструкцией полупроводникового диода и стабилитрона. Снять опытным путем вольт-амперную характеристику (ВАХ) и параметры.

2. Теоретическая часть

Полупроводниковые приборы, структура которых представляет собой n-p или p-n переход, придающий им свойства односторонней проводимости, называется диодами.

Выпрямительные свойства диодов характеризуется рядом параметров, определяющих токи и напряжение в прямом и обратном направлениях. Эти параметры определяются вольт-амперной характеристикой диода, приведенной на рис.1.1. Прямая ветвь в пределах первого квадранта соответствует открытому состоянию диода и характеризуется: $U_{пр}$ – постоянным прямым на-

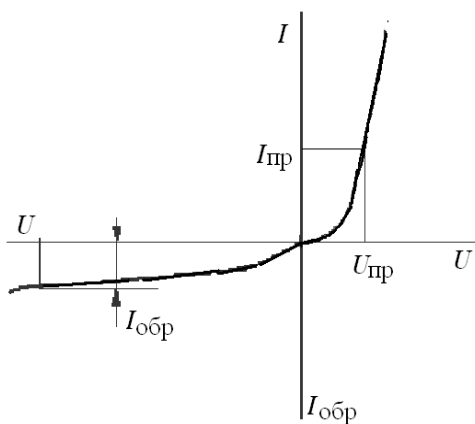


Рисунок 1.1- Вольт- амперная характеристика диода

пряжением; $I_{пр}$ - постоянным прямым током диода.

Обратная ветвь (третий квадрант) соответствует закрытому состоянию диода и характеризуется: $U_{обр}$ - обратным напряжением; $I_{обр}$ - постоянным обратным током диода.

Стабилитроном называется полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации напряжения. В зависимости от назначения кремниевые стабилитроны можно классифицировать на следующие основные группы: для стабилизации постоянного и переменного напряжения; для ограничения и формирования импульсов; для работы в схемах усилителей; для защиты от перегрузок и т.д. Важнейшей характеристикой стабилитрона является его вольт-амперная характе-

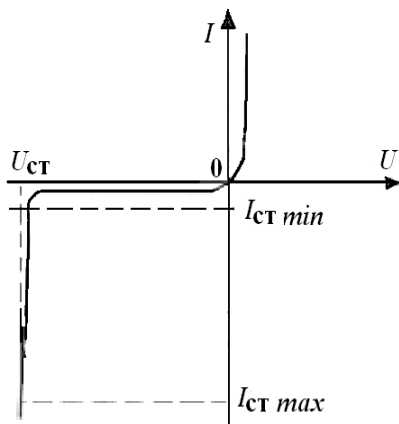


Рисунок 1.2 - Вольт- амперная характеристика стабилитрона.

Стабилитроны могут проводить ток в обоих направлениях: прямом и обратном. При приложении напряжения прямой полярности стабилитроны ведут себя как обычные диоды. Обычно эта ветвь характеристики является нерабочей, однако, в ряде случаев такой режим работы стабилитрона

может быть использован, например, в целях температурной компенсации опорного напряжения.

Обратная ветвь ВАХ может быть разбита на три области: малой проводимости, предпробойную область и область пробоя. Участок обратной ветви характеристики с высокой проводимостью является основным рабочим участком стабилитрона. Обычно ветвь обратного тока изображают так, как показано на рис. 1.2. При этом рабочий участок характеристики получается пологим. Для этого участка характеристики характерна практическая независимость $U_{ст}$ от $I_{н}$. Напряжение $U_{ст}$ называют напряжением стабилизации.

Интерес также представляют температурные характеристики стабилитронов. Использование кремниевого стабилитрона в источниках опорного напряжения и в стабилизаторах напряжения требуют знания температурного изменения (дрейфа) напряжения стабилизации $U_{ст}$.

3. Описание лабораторной установки

Для снятия статических характеристик полупроводниковых приборов собраны схемы, приведенные на рис. 1.3.

Источники питания, соответствующие данным, указанным на схемах, смонтированы на стенде, ручки резисторов R_1 , R_2 , R_3 для регулировки напряжения источников питания выведены на переднюю панель. Для измерения тока и на-

пряжения на стенде установлены: миллиамперметры с пределами измерений: А1 (30/50) мА/мкА, А2 (12) мА и вольтметры с пределами измерений: V1 (15) В, V2 (3/15) В.

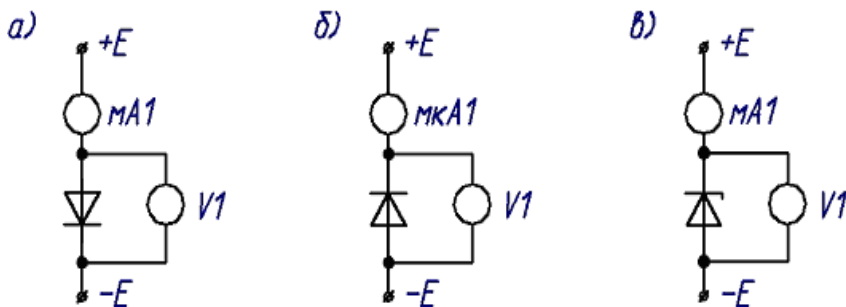


Рисунок 1.3 - Схемы подключения исследуемых полупроводниковых приборов

4. Порядок выполнения работы

1. По схеме, приведенной на рис.1.3, а снять и построить прямую ветвь вольт-амперной характеристики полупроводникового диода для чего: переключатель S1 поставить в положение "I", кнопку S2 поставить в положение "Отжато". Меняя напряжение на аноде диода потенциометром RI, записать показания вольтметра V1 (вся шкала 15 В) и амперметра А1 (вся шкала 30 мА).

2. По схеме, приведенной на рис. 1.3,б снять и построить обратную ветвь вольт-амперной характеристики полупроводникового диода, для чего: переключатель S1 поставить в

положение "I", кнопку S2 в положение "Нажато". Меняя напряжение на аноде потенциометром R1, записать показания вольтметра V1 и амперметра A1 (вся шкала 50 мкА).

3. По схеме, приведенной на рис. 1.3, в) снять и построить ВАХ стабилитрона (рабочую ветвь), для чего: S1- в положение "2". Меняя напряжение на стабилитроне потенциометром R1, записать показания вольтметра V1 и амперметра A1.

На вольт-амперной характеристике показать рабочий участок, а также его параметры (I_{amin} , I_{amax} , $U_{ст.}$).

5. Оформление отчета

Отчет должен одержать:

1. Цель работы
2. Краткую характеристику исследуемых элементов
3. Схему установки с перечнем оборудования и приборов, использованных в работе
4. Таблицы с экспериментальными данными, соответствующими графиками, и выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

Принцип действия, параметры, характеристика и маркировка диодов и стабилитронов.

Выполнение лабораторной работы рассчитано на 2 часа.

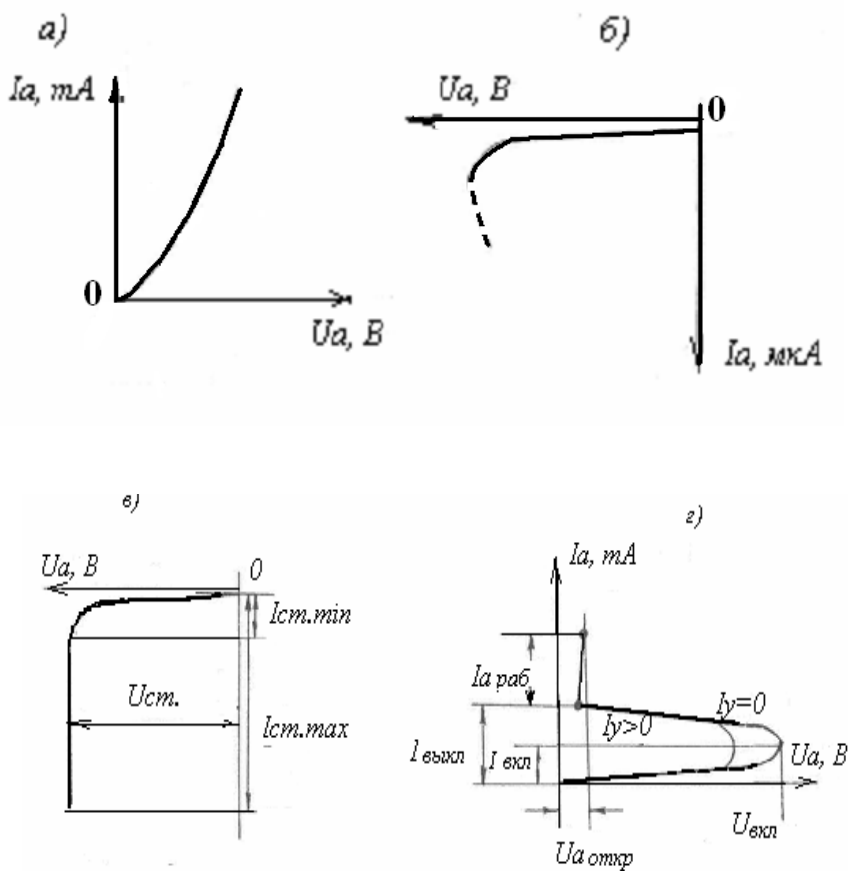


Рисунок 1.4 – Вольт- амперные характеристики: а, б – диода; в, г - стабилитрона

2. Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТИРИСТОРОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

1. Цель работы

Ознакомиться с принципом работы и конструкцией тиристора и снять опытным путем вольт-амперную характеристику. Ознакомиться с принципом работы и конструкцией биполярного и полевого транзисторов и снять опытным путем входную и выходные характеристики.

2. Теоретическая часть

Тиристор – полупроводниковый прибор с тремя (или более) p - n - переходами, вольт-амперная характеристика которого имеет участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением и который используется для переключения, причем изменение состояния тиристора происходит скачкообразно. Условные графические обозначения тириستоров приведены на рис. 2.2. и 2.3.

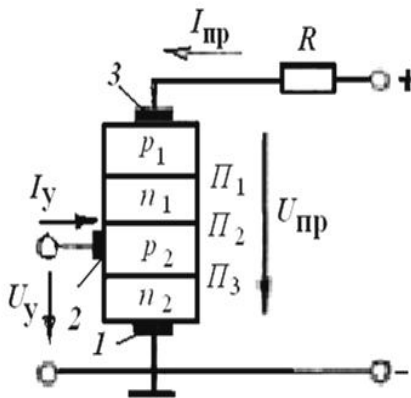


Рисунок 2.1– Структура триодного тиристора: 1,2,3 – выводы катода управляющего электрода и анода соответственно

Простейшим тиристором с двумя выводами является диодный тиристор - *динистор*.

Триодный тиристор – *тринистор* имеет дополнительно третий (управляющий) электрод. Как диодный, так и триодный тиристоры имеют четырехслойную структуру с тремя *p-n*- переходами.

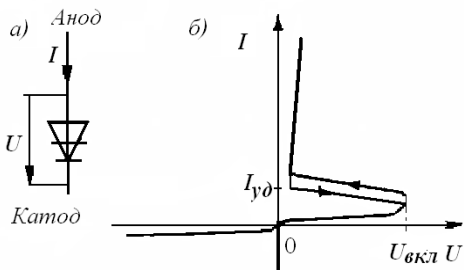


Рисунок 2.2 – Графическое обозначение и ВАХ динистора

Питающее напряжение подается на тиристор таким образом, что переходы Π_1 и Π_3 оказываются открытыми, а Π_2 – закрытым. Сопротив-

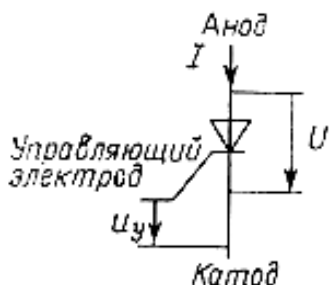


Рисунок 2.3 – Графическое обозначение тринистора

ления открытых переходов незначительны, поэтому почти все питающее напряжение $U_{пр}$ приложено к закрытому переходу Π_2 , имеющему высокое сопротивление. Следовательно, ток тиристора мал.

Транзисторы - полупроводниковые триоды - широко применя-

ются в различных схемах судовой электроники и автоматики. Транзистор – монокристалл, состоящий из трех областей различной проводимости – электронной (*n*) и дырочной (*p*).

В зависимости от типа областей кристалла различают транзисторы р-п-р и п-р-п. Крайние области называются коллектором и эмиттером, а средняя - базой. В зависимости от того, какой электрод является общим для входа и выхода, рассматривают три типа включения транзистора в схемы (рис.2.4.): с общей базой (а), общим эмиттером (б) и общим коллектором (в).

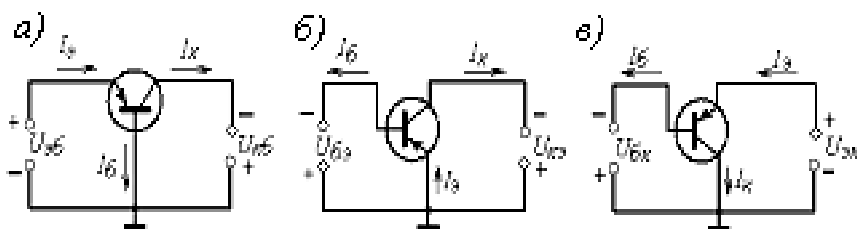


Рисунок 2.4 – Схемы включения транзисторов

Транзистор характеризуется семейством входных и выходных характеристик, которые зависят от схемы его включения. Для транзистора, включенного по схеме с общей базой, входные характеристики представляют зависимость тока эмиттера $I_э$ от напряжения эмиттер – базы $U_{эб}$ при постоянном значении напряжения коллектор–базы $U_{кб}$ и имеют вид, показанный на рис. 2.5,а), а выходные характеристики– зависимость тока коллектора $I_к$ от напряжения коллектор- базы $U_{кб}$ при постоянном значении тока эмиттера $I_э$ (рис. 2.5,б). Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, под входными характеристиками понимают зависимость

$I_B = f(U_{BЭ})$ при $U_{КЭ} = \text{const}$ (рис.2.5, в), а под выходными характеристиками – $I_K = f(U_{ЭК})$ при $I_B = \text{const}$ (рис.2.5, г).

Характеристики для схемы с общим коллектором" не снимаются - при анализе и расчете таких схем пользуются характеристиками и параметрами, получаемыми в экспериментах для схем "с общей базой» и "общим эмиттером".

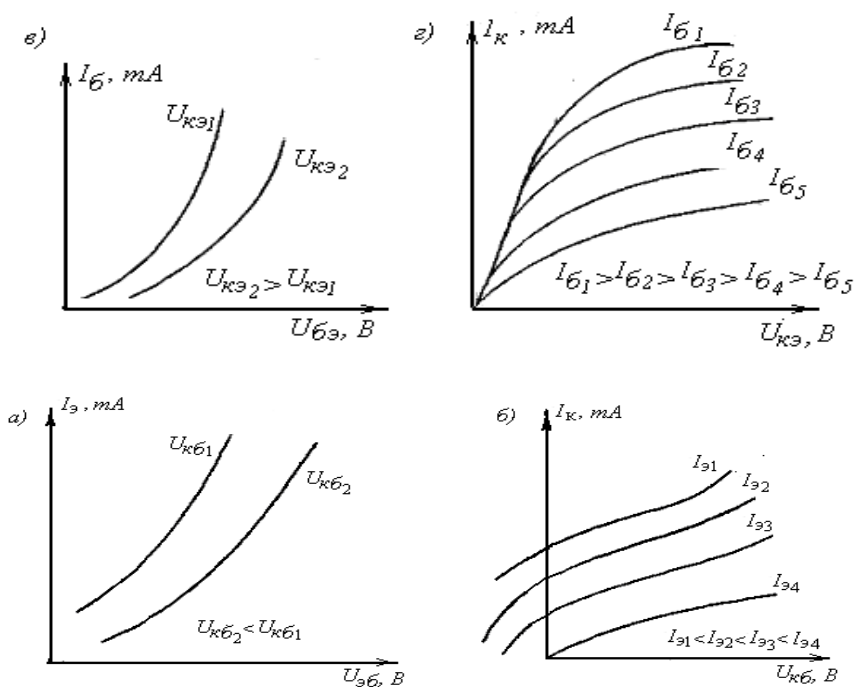


Рисунок 2.5– Входные и выходные характеристики транзистора: а,б – при включении с общей базой; в,г – при включении с общим эмиттером

3. Описание лабораторной установки

Для снятия статических характеристик тиристора и транзисторов собраны схемы, приведенные на рис. 2.6.÷2.9.

Источники питания, соответствующие данным, указанным на схемах, смонтированы на стенде, ручки резисторов R1, R2, R3 для регулировки напряжения источников питания выведены на переднюю панель. Для измерения тока и напряжения на стенде установлены: миллиамперметры с пределами измерений: A1 (30/50) мА/мкА, A2 (12) мА и вольтметры с пределами измерений: V1 (15) В, V2 (3/15) В.

4. Порядок выполнения работы

4.1. По схеме, приведенной на рис. 2.6 снять и построить вольт-амперную характеристику тиристора, для чего: S1– в положение 3, S3- в положение "I". Потенциометром R1 установить напряжение на аноде $U_1=15\text{В}$. Увеличивая потенциометром R2 величину напряжения U_y между управляющим электродом и катодом тири-

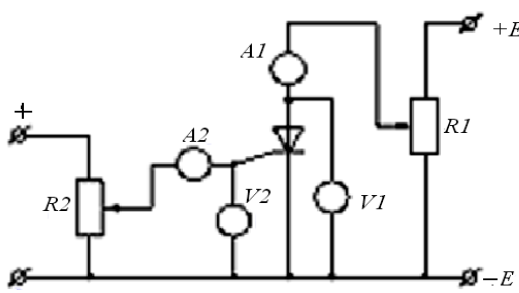


Рисунок 2.6 – Схема испытания тиристора

стора (V_2), а также ток управляющего электрода тиристора I_y (A_2), зафиксировать момент включения тиристора. При этом определить величины: I_y, U_y , а также ток анода I_a и остаточное напряжение на аноде $U_{ост}$ открытого тиристора.

4.2. По схеме, приведенной на рис. 2.7 снять и построить входную характеристику биполярного транзистора, для чего:

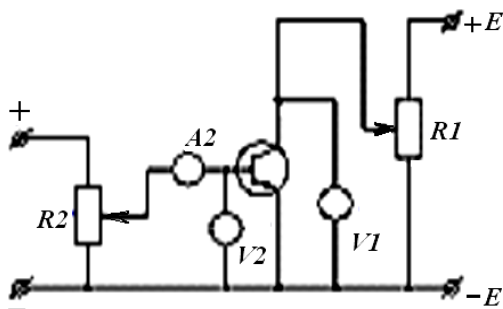


Рисунок 2.7 – Схема испытания биполярного транзистора

S_1 – в положение "4",
 S_3 – в положение "1"
 (3В). Потенциометром R_1 установить $U_{кэ}=0(V)$ (V_1). Меняя потенциометром R_2 величину тока базы I_b (A_2), снять зависимость

$I_b=f(U_{бэ})$ при $U_{кэ}=const$. Ту же зависимость снять, поддерживая потенциометром R_1 напряжение $U_{кэ}=1V$.

4.3. По схеме приведенной на рис. 2.8, снять и построить семейство выходных характеристик биполярного транзистора, для чего: S_1 – в положение "4", S_3 в положение "1". Потенциометром R_2 установить ток базы $I_b=1,2\text{ мА}$ (A_2). Меняя напряжение $U_{кэ}$ (V_1) потенциометром R_1 по A_1 снять зависимость тока коллектора $I_k=f(U_{кэ})$ при $I_b=1,2\text{ мА}$. Ту же зависимость снять при $I_b=2,4\text{ мА}, 3,6\text{ мА}$.

4.4. По схеме приведенной на рис. 2.9, снять зависимость тока стока I_c ($A1$) от напряжения затвор–исток $U_{зи}$ ($V2$) $I_c=f(U_{зи})$ при постоянном напряжении сток–исток $U_{си}$ ($V1$). Для чего: $S1$ –в положение "5", $S3$ – в положение "2". Потенциометром $R1$ установить $U_{си} = 15V$. Меняя потенциометром $R3$ напряжение на затворе (вся

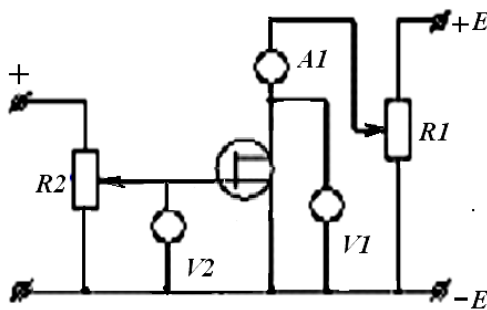


Рисунок 2.9 – Схема испытания полевого транзистора

$I_c = f(U_{си})$ при $U_{зи} = \text{const}$. Для чего: $S1$ - в положение "5", $S3$ – в положение "2". Потенциометром $R3$ установить $U_{зк}=0V$. Изменяя потенциометром $R1$ величину напряжения $U_{си}(V1)$ записать показания $I_c(A1)$. Ту же зависимость снять при напряжениях $U_{зи}= 3V, 6V, 9V$.

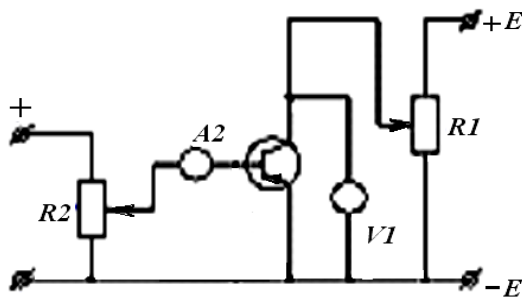


Рисунок 2.8 – Схема испытания биполярного транзистора

шкала 13В) и поддерживая постоянным $U_{си}$, снять зависимость $I_c=f(U_{зи})$.

4.5. По схеме (рис. 2.9) снять семейство стоковых характеристик, т.е. зависимость

5. Оформление отчета

Отчет должен одержать:

1. Цель работы и краткую характеристику исследуемых элементов
2. Схему установки с перечнем оборудования и приборов.
3. Таблицы с экспериментальными данными, соответствующими графиками, и выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

Принцип действия, параметры, характеристика и маркировка тиристоров и транзисторов.

Выполнение лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

3. Лабораторная работа №3 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Цель работы

Ознакомиться со структурой базового элемента И-НЕ транзисторно-транзисторной логики и экспериментально проверить его работоспособность на микросхеме К155ЛА3.

2. Теоретическая часть

Цифровые микросхемы предназначены для обработки, преобразования и хранения цифровой информации. Выпускаются они сериями. Основой каждой серии цифровых микросхем является базовый логический элемент.

Схема базового логического элемента И-НЕ транзисторно-транзисторной логики приведена на рис.3.1. Подобные электронные устройства цифровой техники называют микросхемами транзисторно-транзисторной логики – ТТЛ, потому, что входная логика осуществляется транзистором (первая буква Т), а усиления и инверсия - также транзисторами (вторая буква Т). Входной транзистор VT1, включенный по схеме с общей базой, двухэмиттерный. Причем эмиттеры соединены с общим проводом питания через диоды VD1;VD2 - они защищают транзистор от случайного попада-

ния на эмиттеры напряжения отрицательной полярности. Транзистор VT2 образует усилительный каскад с двумя нагрузками - эмиттерной (R3) и коллекторной (R2). Снимаемые с них сигналы противофазны (противоположны по уровню), поступают на базы транзисторов VT3 и VT4 выходного каскада.

Таким образом, выходные транзисторы всегда будут находиться в противоположных состояниях - один закрыт, а второй в это время открыт. Этому способствует и диод VD3, падение напряжения на котором создает на эмиттере транзистора VT3 относительно его базы более положительное (на 0,3-0,4В) напряжение. При наличии на одном или обоих входах элемента напряжения низкого уровня (например, при соединении их с общим проводом питания), транзистор VT1 открыт и насыщен. Транзисторы VT2 и VT4 - закрыты, а VT3 - открыт - через него и нагрузку течет ток.

В случае, когда на оба входа будет подано напряжение высокого уровня - транзистор VT1 закроется, а VT2 и VT4 откроются и тем самым закроют транзистор VT3. Ток через нагрузку практически прекратится - элемент примет нулевое состояние. Напряжение низкого уровня (логический ноль) на выходе элемента равно напряжению на коллекторе открытого транзистора VT4 и не превышает 0,4В.

Напряжение высокого уровня (логическая единица) составляет не менее 2,4В. Фактически же уровни логических 0 и 1 на выходе элемента, зависят от сопротивления нагрузки R_H и могут быть в пределах $0,1 \div 0,15В$ и $3,35 \div 3,9В$ соответственно.

Переход элемента из единичного состояния в нулевое происходит скачкообразно при подаче на его входы сигнала напряжением около 1,15В, называемого пороговым.

Рассмотренный элемент выполняет логическую функцию

$$Y = \overline{x_1 x_2}.$$

Указанную логическую функцию можно задавать в виде таблицы состояний входных и выходных переменных. Логический элемент является исправным, если при наличии на входах логической 1 на выходе получается логический 0.

Проверка логики действия элемента состоит в том, что на выходе будет логический 0 только в том случае, если на входах элемента подается логическая 1. Во всех остальных случаях на выходе будет логическая 1.

Если входы элементов объединить, то логическая схема может выполнять функции инвертора $y = \bar{x}$ (операции НЕ).

Динамические параметры базовых элементов могут быть оценены быстродействием. Характеристикой быстродействия может служить среднее время задержки распространения

сигнала, которое равно

$$t_{зд.p.cp.} = 0,5 \begin{pmatrix} 1,0 & 0,1 \\ t_{зд.p} + t_{зд.p} \end{pmatrix},$$

где $t_{зд.p}^{1,0} + t_{зд.p}^{0,1}$ - времена задержки распространения сигнала при включении и выключении (рис.3.2).

3. Описание схемы

Схема лабораторного стенда с указанием расположенных элементов, приведена на его передней панели. Элементы имеют следующие назначения: переключатель S1 предназначен для подачи питания на схему; лампа HL1 - для индикации подачи напряжения на схему; коммутационные гнезда служат для подачи и снятия логических сигналов; вольтметр pV1 служит для измерения величины напряжения на различных частях схемы.

4. Программа работы и порядок ее выполнения

1. Изучить структуру микросхемы K155ЛА3 и схему установки для ее исследования.
2. Проверить неисправности одного элемента микросхемы, для чего:
 - 2.1. Подать питание на микросхему выключателем;
 - 2.2. Вольтметром постоянного тока (pV) с относительным

входным сопротивлением не менее 5 кОм/В измерить напряжения на логических выводах элементов. Для этого отрицательный щуп вольтметра pV смонтирован с общей (заземленной) шиной, а положительным щупом необходимо поочередно коснуться входных выводов 1,2, а затем - выходного вывода 3 и замерить значения напряжения.

3. Проверить логику действия элементов 2И-НЕ, для чего:

3.1. Вывод 2 микросхемы соединить с (-), а вывод 1 через резистор, сопротивлением 1 кОм с (+) источника питания (гнездо 4).

3.1.1. Вольтметром pV замерить напряжение на выходе схемы (гнездо 3).

3.1.2. Вольтметром pV замерить напряжение на входных выводах схемы (гнезда 1 и 2).

3.2. Выводы 2 и 1 микросхемы соединить через сопротивления 1 кОм к (+) шины источника питания (гнездо 4).

3.2.1. Вывод 2 соединить перемычкой с общей шиной источника питания.

3.2.2. Вольтметром pV замерить напряжение на выходном выводе (гнездо 3).

3.2.3. Следя за стрелкой вольтметра pV , удалить перемычку и замерить выходное напряжение, (гнездо 3).

3.2.4. Перемычкой замкнуть вход 1 на землю и измерить уровень напряжения на выходе 3.

3.3. Отключить оба входных вывода элемента, выводы (1 и 2) и измерить напряжения на выходе (гнездо 3).

4. Проверка действия логического элемента 2И-НЕ при включении его инвертором, т.е. как элемента НЕ, для чего:

4.1. Замкнуть между собой оба входных вывода (1 и 2) и через резистор сопротивлением 1 кОм соединить их с (+) шины источника питания, (гнездо 4).

4.2. Вольтметром rV измерить напряжение на выходе элемента (гнездо 3);

4.3. Замкнуть объединенный вход на минусовую шину и измерить напряжение на выходе (гнездо 3).

5. Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание логической микросхемы К155ЛА3.
3. Принципиальную схему лабораторного стенда.
4. Результаты эксперимента и вывод по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Базовый элемент транзисторно-транзисторной логики. Его составные части и работа.

2. Выполнение электронных схем на основе базового логического элемента МС серии К155.

3. Что такое логический элемент? Что положено в их основу?

4. Условное и графическое обозначение интегральных микросхем.

Выполнение лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

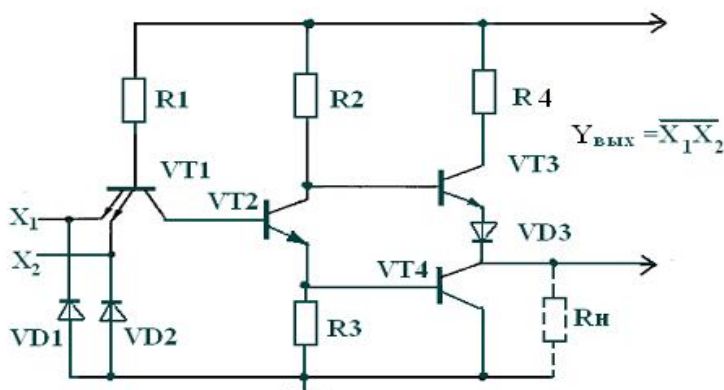


Рисунок 3.1—Схема базового элемента ТТЛ 2И-НЕ

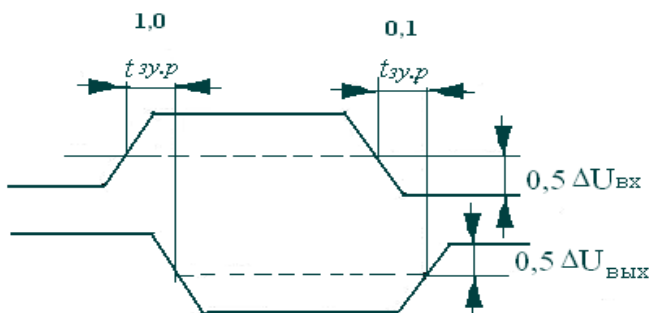


Рис.3.2. Временные диаграммы сигналов на входе и выходе логического элемента

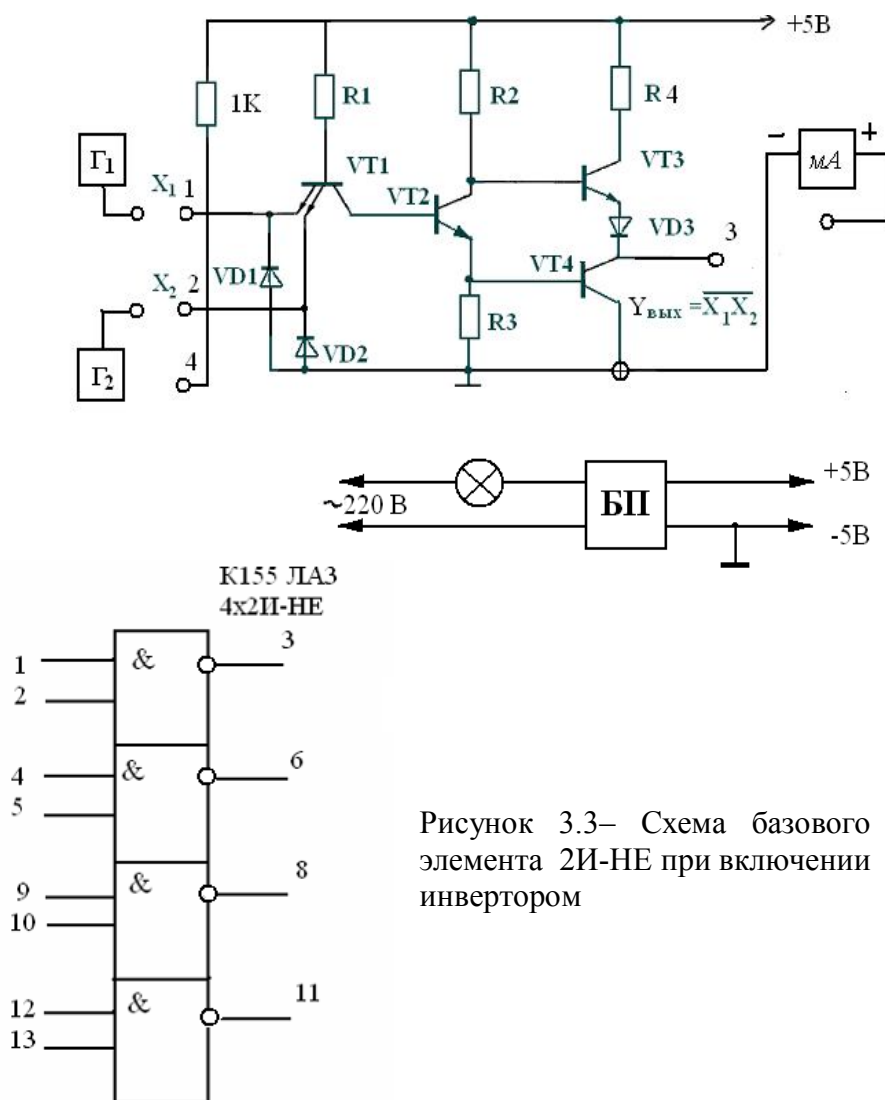


Рисунок 3.3– Схема базового элемента 2И-НЕ при включении инвертором

4. Лабораторная работа №4 ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

1. Цель работы

Исследование характеристик и параметров трехфазных нерегулируемых выпрямителей: нулевой и мостовой схем выпрямления.

2. Теоретическая часть

Блок неуправляемых вентилях, соединенных по схеме, называемой схемой выпрямления, осуществляет в выпрямителе основную функцию выпрямления переменного тока в постоянный. В трехфазных выпрямителях применяется, в основном, нулевая и мостовая схемы выпрямления, а также схема с уравнительным реактором.

Трехфазная нулевая неуправляемая схема выпрямления приведена на рис. 4.1. Три фазы вторичной обмотки трансформатора соединяются звездой с выводом нулевой точки. Три вентиля анодами присоединяются к трем свободным концам вторичной обмотки. Первичная обмотка может быть соединена как звездой, так и треугольником.

Из диаграмм напряжений фаз вторичной обмотки (рис.4.1.) видно, что в течение трети периода напряжение одной из фаз выше напряжения двух других.

В эту часть периода ток проводит клапан, присоединенный анодом к фазе с наибольшим напряжением. Коммутация тока происходит в моменты времени, соответствующие пересечениям положительных полуволн напряжения.

Выпрямленный ток, проходящий через нагрузку R_d , складывается из чередующихся токов i_{a1} , i_{a2} , i_{a3} (рис.4.1.).

Мостовая неуправляемая схема выпрямления показана на рис. 4.2. и включает трехфазный трансформатор и шесть клапанов. Клапаны 1,3,5 образуют катодную группу, в которой электрически связанные катоды относятся к положительному полюсу системы. Клапаны 2,6,4 образуют анодную группу, общая точка которой является отрицательным полюсом системы.

В катодной группе, в течение трети периода, работает клапан с наиболее высоким потенциалом анода, а в анодной группе работает тот клапан, у которого катод имеет наибольший отрицательный потенциал.

Чередование работы различных клапанов показано на рис.4.2. (временные диаграммы).

Кривая выпрямленного напряжения (рис. 4.2.) характеризуется тем, что частота его пульсаций в шесть раз больше частоты питающего напряжения.

3. Описание лабораторной установки

Принципиальная электрическая схема установки приведена на рис. 4.3. и содержит:

- блок трансформаторов (ТР), во вторичных цепях которых включены дроссели (Др), имитирующие индуктивности рассеяния обмоток трансформаторов, которые можно закорачивать тумблерами X_{La} , X_{Lb} , X_{Lc} ;

- блок нагрузки, содержащий индуктивную L_d и активную R_d сопротивления;

- измерительные цепи, содержащие прибор "I1" для измерения тока в фазе, "U2" для измерения фазного или линейного напряжения путем переключения тумблера "S2", "I2" с кнопкой X2/X1 для измерения тока во вторичной цепи "Ia" – для измерения постоянного тока в цепи выпрямителя, "Id", "Ud" для измерения постоянного тока и напряжения в нагрузке;

- устройство коммутации с тумблерами X_{La} , X_{Lb} , X_{Lc} для включения индуктивности в фазах А,В,С, тумблеров "S7 " и "S8 " для подключения индуктивной и активной нагрузки, при этом переключение величины активного сопротивления осуществляется переключателем "Rн ". Для включения ос-

циллографа используются гнезда "1-2", "3-4", "5-6", "7-8", "9-10", "11", "I2", "Ud" и "I";

- клеммную плату для подключения исследуемых модулей (трехфазный выпрямитель с нулевой точкой (рис. 4.4) и трехфазный мостовой выпрямитель (рис. 4.5).

Установка подключается к трехфазной сети переменного тока частотой 50Гц напряжением 380В при помощи переключателя "Сеть" (ПП1) (при этом загораются лампочки Н1-Н3).

4. Программа работы и порядок ее выполнения

4.1. Подготовка установки к работе.

4.1.1. Исходное состояние:

- установить выключатель "Сеть" в положение "Выкл" (горизонтальное положение);
- установить все тумблеры в положение "Выкл" (вниз), а переключатель Rн в крайнее правое положение (холостой ход).

4.1.2. Подключить к сборным клеммам установки исследуемый модуль (трехфазный выпрямитель с нулевой точкой).

4.2. Снять внешнюю характеристику выпрямителя, т.е. зависимость напряжения на нагрузке Ud от тока нагрузки Id для чего:

- включить переключатель ПП1 "Сеть";
- включить переключатель В8;

- изменяя значение I_d путем установки переключателя K_n в трёх положениях (правом, среднем и левом), снять значение U_d , а также значения U_2, I_2, I_a, I_1 . Данные занести в таблицу 4.1.

4.3. Наблюдать формы кривой:

4.3.1. Выпрямленного напряжения U_d при холостом ходе, для чего:

- переключатель $R_n(B8)$ установить в крайне правое положение;
- подключить осциллограф к гнездам " U_d " и корпусу;
- включить тумблер $S8$.

Таблица 4.1.

I_d	U_d	I_a	I_2	I_1	U_2

4.3.2. Выпрямленного напряжения U_d при номинальном токе нагрузки, для чего переключатель $R_n(B8)$ установить в крайнее левое положение. На осциллографе $C1-55$ установить: усилитель $Y1$ - ручку "вольт/дел." в положение "2", ручку длительность "время/деление" в положение 1мс., синхронизация: "внутр.1" ручками "уровень" и "стаб" засинхронизировать осциллограмму.

Замерить: f_{Π} - частоту пульсаций, U_d - постоянное напряжение (рис.4.1 в). Замерить ток фазы, для чего: R_n - левое

положение, осциллограф подключить к точкам 3, 4, ручку "вольт/дел."—положение 0,02" (рис.4.1 г-е). Тумблерами X_{La} , X_{Lb} , X_{Lc} наблюдать изменение формы кривой тока фазы.

Замерить обратное напряжение на диоде, для чего: осциллограф подключить к точкам 4,11, ручку "вольт/дел." - в положение "5", замерить осциллографом величину $U_{обр}$.

4.3.3. Повторить пункты 2,3 для второго модуля.

5. Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание принципа работы схем выпрямления.
3. Принципиальную схему установки с перечнем оборудования и приборов, использованных в работе. Принципиальные схемы исследуемых выпрямителей.
4. Таблицы с экспериментальными данными, отношения напряжений и токов U_d/U_2 , I_a/I_d , I_2/I_d , I_1/I_d и осциллограммы с объяснениями. Выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Вольт-амперная характеристика и физические процессы, происходящие в полупроводниковом диоде.
3. Принцип действия нулевой схемы выпрямления.

4. Принцип действия мостовой схемы выпрямления.
 5. Параметры и характеристики статических выпрямителей.
- Выполнение лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

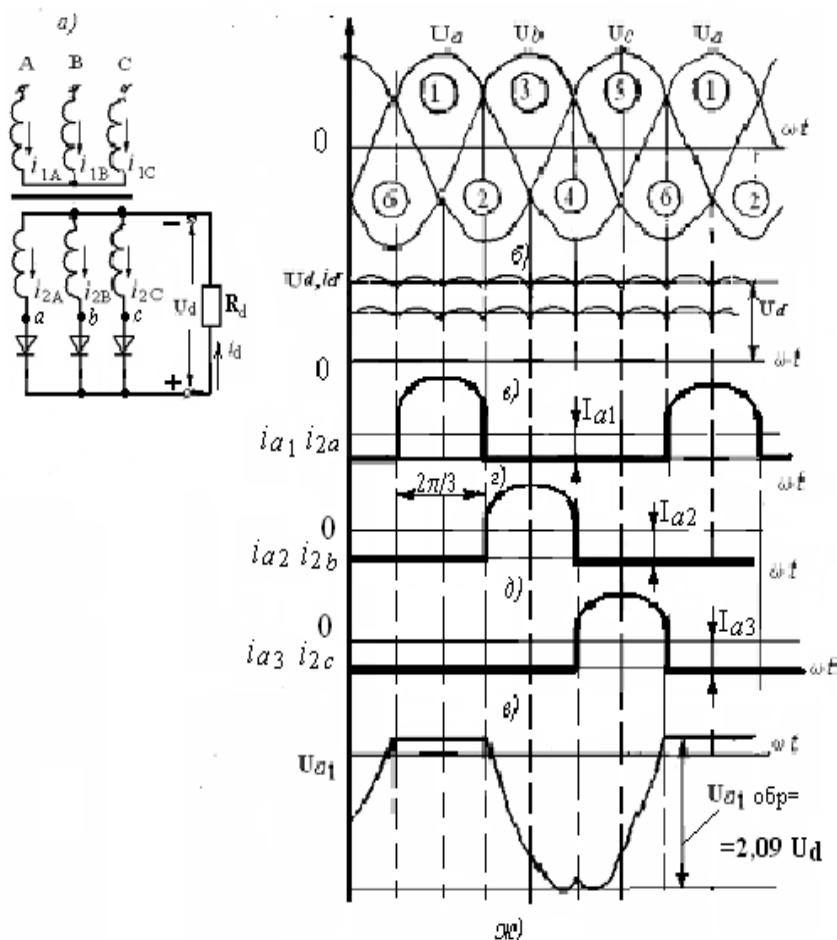


Рисунок 4.1.- Трехфазная нулевая неуправляемая схема выпрямления

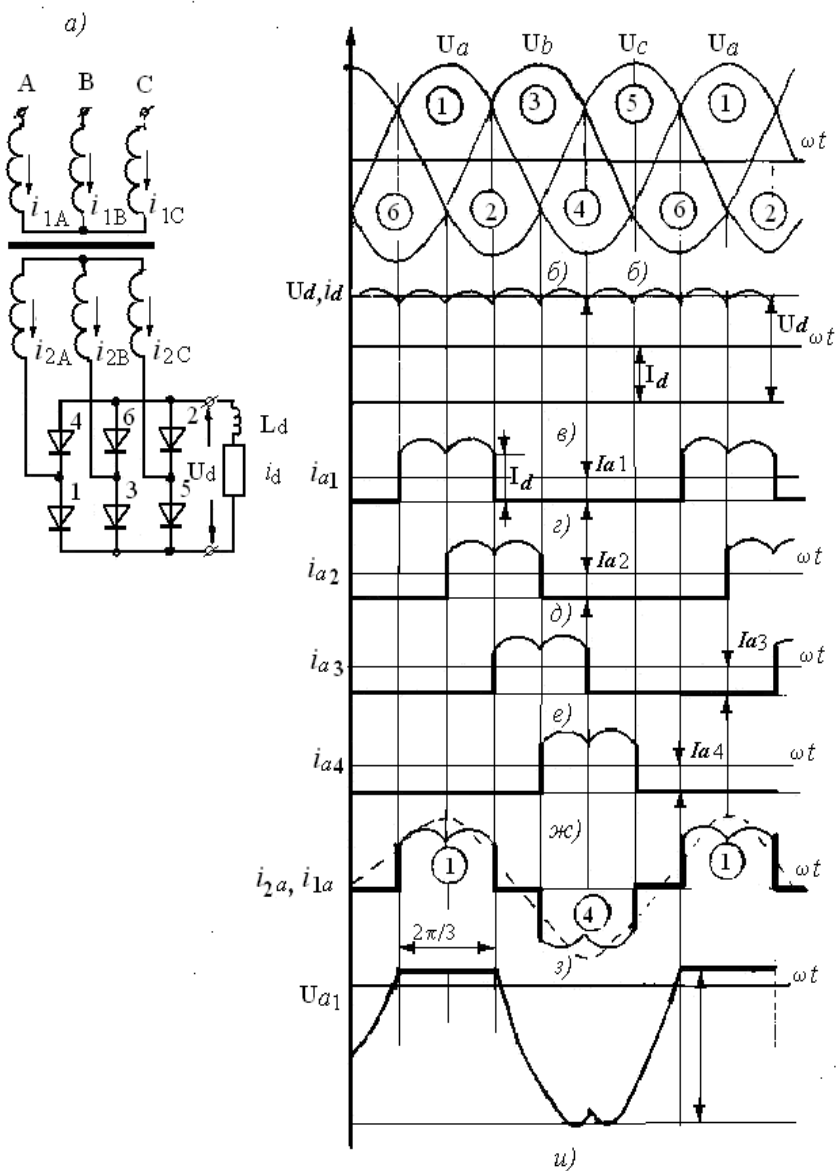


Рисунок 4.2.- Мостовая неуправляемая схема выпрямления

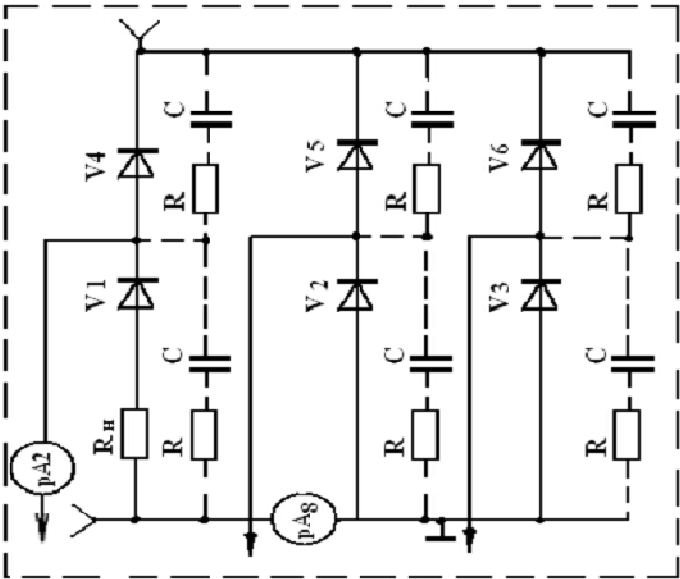


Рисунок 4.5-- Клеммная плата для подключения исследуемого трехфазного мостового выпрямителя

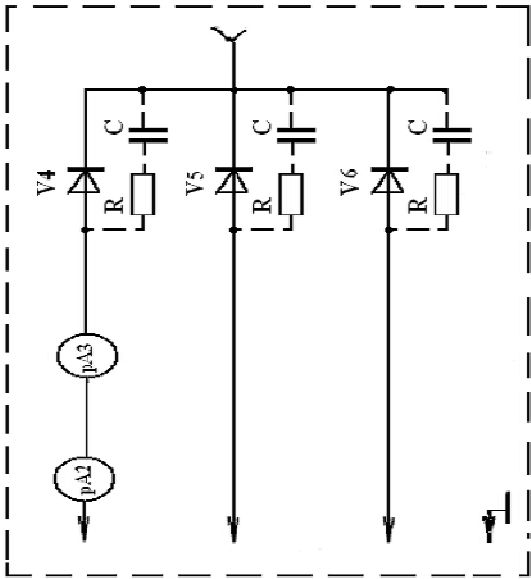


Рисунок 4.4 - Клеммная плата для подключения исследуемого трехфазного выпрямителя с нулевой точкой

5. Лабораторная работа №5

ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИЧНОГО ТРИГГЕРА НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

1. Цель работы

Ознакомиться с принципом работы и схемой симметричного триггера, собранного на основе логических элементов ИЛИ-НЕ, либо И-НЕ.

2. Теоретическая часть

Триггеры представляют собой простейшие последовательные устройства. Они широко используются во многих узлах электронной аппаратуры в виде самостоятельных изделий, или в качестве базовых элементов для построения других, более сложных приборов (счетчиков, регистров, запоминающих устройств). К общим свойствам триггеров относится их способность длительное время оставаться в одном из двух (или нескольких) возможных устойчивых состояний и скачком изменять их под воздействием внешних сигналов. Каждое состояние легко распознается по значению выходных напряжений.

Одно из основных применений триггеров - запоминание информации. Под памятью триггера подразумевают способность оставаться в заданном состоянии и после прекращения действия переключающего сигнала. Приняв одно из состоя-

ний за 1, а другое - за 0, можно считать, что триггер хранит (помнит) один разряд числа, записанного в двоичном коде.

Понятие «триггер» охватывает много видов устройств, которые существенно различаются между собой по выполняемым функциям, схемному использованию, способам управления, электрическим и конструктивным параметрам. Это:

- асинхронные RS - триггеры;
- синхронные RS - триггеры;
- JK - триггеры;
- D - триггеры;
- DV - триггеры;
- T и TV - триггеры;
- несимметричные триггеры.

На рис. 5.1 *а,б* представлены простейшие симметричные асинхронные триггеры и их условные изображения, собранные на логических элементах ИЛИ-НЕ и И-НЕ.

Асинхронный RS - триггер обладает двумя устойчивыми состояниями, которые обеспечиваются за счет связи выхода одного элемента с одним из входов другого. Свободные входы служат для управления и называются информационными, или логическими.

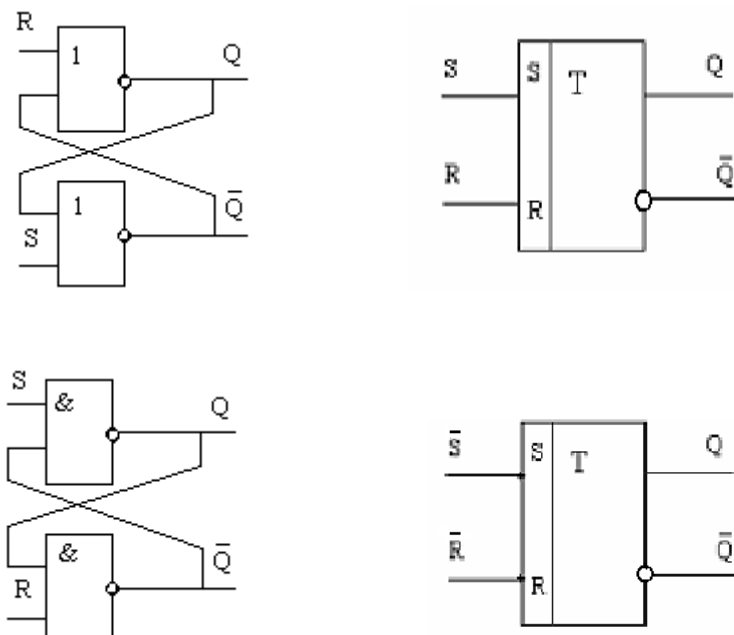


Рисунок 5.1. а) RS - триггер на логических элементах 2 ИЛИ - НЕ; б) RS - триггер на логических элементах 2 И-НЕ

Симметрия схемы не означает симметрии электрических режимов обоих каскадов. За счет перекрестного соединения выходов и входов создаются условия, при которых при отсутствии входных сигналов один из логических элементов будет заперт, а другой открыт.

Одному из выходов триггера присваивают наименование прямого и обозначают буквой Q , а другому - наименование инверсного и обозначают $\bar{Q}$ ("не ку"), чтобы подчеркнуть,

что в логическом смысле сигнал на этом выходе противоположен первому.

Вход, по которому триггер устанавливается в единичном состоянии ($Q=1$; $\bar{Q}=0$), называют входом S (от английского set - установка), а в нулевое ($Q=0$, $\bar{Q}=1$)- входом R (reset – возврат).

Для логики ИЛИ-НЕ на входах возможны четыре комбинации сигналов: $S=R=0$; $S=1$, $R=0$; $S=0$, $R=1$; $S=R=1$; каждой комбинации отвечает определенное поведение триггера.

Комбинацию входных сигналов $S=R=0$; называют нейтральной, или режимом хранения информации, или памятью: при ней триггер хранит состояние, в которое он был приведен в предыдущем такте. Если же на оба входа подать переключающие сигналы $S=R=1$, на обоих выходах появляются логические нули и устройство утратит свойство триггера. Поэтому комбинацию $S=R=1$ называют неопределенной. Переход от неопределенной комбинации входных сигналов к нейтральной у RS- триггеров называют запрещенной комбинацией, т.к. она ведет к непредсказуемому поведению триггера.

Переключающим сигналом для элемента ИЛИ-НЕ служит единица и триггер, который переключается сигналами

логической единицы, называется триггером с прямым управлением.

Логическая структура и способ изображения RS триггера на элементах И-НЕ приведены на рис. 5.1б. Схемно он не отличается от триггера на элементах ИЛИ-НЕ, но закон функционирования другой, поскольку элементы И-НЕ переключаются сигналами логического нуля ($S=0$ или $R=0$). Этот вариант триггера называют RS - триггером с инверсными входами ($\overline{R}\overline{S}$ - триггер). При графических обозначениях подобные триггеры для наглядности изображают в отрицательной логике.

Состояния RS-триггера (прямого управления) и $\overline{R}\overline{S}$ - триггера (с инверсными входами) представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

Вход		Выход			
R	S	Логика $\overline{И}$		Логика $\overline{ИЛИ}$	
		Q	$\overline{Q}$	Q	$\overline{Q}$
0	0	Неопределенно		Без изменения	
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	1	Без изменения		Неопределенно	

3. Описание схемы

Схема лабораторного стенда с указанием элементов на его передней панели, приведена на рис. 5.2.

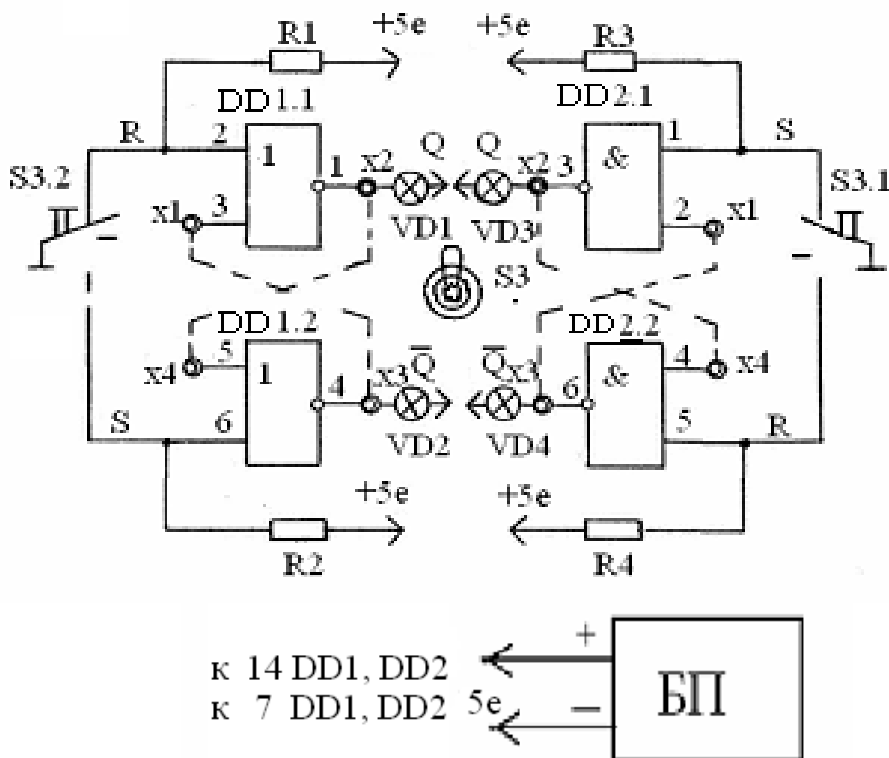


Рисунок 5.2- Схема лабораторного стенда

На рисунке приведены следующие элементы и устройства: БП - блок питания, где

DD1 - К 155 ЛЕ1;

DD2 – К 155 ЛА3;

R1-R4 – МЛТ – 0,125 – 510 Ом;

X1-X4 – гнезда ГС

S3 - переключатель с нейтральным положением;

----- условная связь;

VD1-VD4 - светодиоды АЛ 106.

Гнезда X1-X4 предназначены для создания связей выбранной схемы триггера. Через резисторы R1÷R4 на входы схем DD1 и DD2 подается сигнал логической "1". Сигнал логического "0" получают коммутацией переключателем S3 одного из входов DD1 и DD2 на "землю" ($\perp$), т.е. общий минус.

На выходе DD1 и DD2 включены светодиоды VD1÷VD4, по загоранию которых определяют выход логической "1".

4. Порядок выполнения работы

4.1. Изучить работу симметричных RS - триггеров, собранных на логических элементах И-НЕ на микросхеме К 155 ЛАЗ и ИЛИ-НЕ на микросхеме К 150 ЛЕ1.

4.2. Проверить исправность каждого элемента схемы, для чего:

4.2.1. Включить переключатель S2, подать питание на схему. Потенциометром R1 установить 5В по шкале вольтметра V2 (цена деления 0,2 В). Вольтметром V1 измерить напряжение логических выводных элементов микросхем,

подключая щупом положительный вывод V1 (гнездо XI) к входам MC3,5 (2,4), а затем к выходным гнездам 1,4 (3,6). Снять величины напряжений на вольтметре V1 (цена деления прибора 0,2В) - для верхнего и нижнего положения переключателя S3. Объяснить работу логики И-НЕ и ИЛИ-НЕ.

4.3. Собрать ячейку триггеров, соединив переключателями пунктирные связи.

4.3.1. Установить переключатель S3 в верхнее положение. По загоранию светодиодов определить состояние RS - триггеров с прямым и инверсным управлением (входами).

4.3.2. Установить переключатель S3 в среднее положение, что равносильно подаче на RS и $\overline{RS}$ - триггеров входного сигнала, равного логической "1". Объяснить состояние триггеров в этом случае.

4.3.3. Установить переключатель S3 в нижнее положение, по загоранию светодиодов определить состояние RS - триггеров с прямым и инверсным управлением (входами).

4.4. Результаты, полученные по п.п. 4.1; 4.1.1. и 4.1.2 - сверить с данными таблицы 5.1 и обосновать смену состояний триггеров внешними сигналами.

Состояние триггеров, когда на входы его подается логический "0" ($R=S=0$) лабораторным стендом не предусмотр-

рено. Для логики И-НЕ это состояние неопределенно, для логики ИЛИ-НЕ - без изменения.

5. Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание различных видов триггеров:
3. Работу симметричных асинхронных - триггеров;
4. Структурную схему лабораторного стенда;
5. Результаты эксперимента;
6. Выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Построение RS - триггеров на двух логических элементах ИЛИ-НЕ и 2 И-НЕ.
2. Какой комбинацией входных сигналов достигается режим хранения информации (памяти)?
3. Почему переход от неопределенной комбинации входных сигналов к нейтральной у RS - триггеров называют запрещенной комбинацией?
4. Что такое передаточная характеристика триггера?
5. Условные обозначения существующих типов триггеров.

Выполнение лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воскобович В.Ю. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств / В.Ю. Воскобович, Т.Н. Корнилова, В.А. Павлова. – СПб.: «Элмор», 2001. – 384 с.
2. Данилов А.И. Общая электротехника с основами электроники /И.А. Данилов, П.М. Иванов.- М.: Высш. Шк., 2000.- 752 с.
3. Судовая электротехника и электроника / Под ред. Д.В. Вилесова – Л.: Судостроение, 1985. – 312 с.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистр судоходства.– СПб.: Регистр РФ, 2001. – 843 с.
5. Скаржепа В.А. Электроника и микросхемотехника/ В.А. Скаржепа, А.Н. Луценко.– Киев: Высш. шк., 1989.– 431 с.
6. Тулин М. Справочное пособие по цифровой электронике / М. Тулии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
7. Федорко П.П. Электроника на судах / П.П. Федорко. – М.: Транспорт, 1976. – 192 с.
8. Электротехника и основы электроники / Под ред. В.Г. Герасимова – М.: Высш. шк., 1999. – 452 с.

Заказ № _____ от « ____ » _____ 2007 Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ