Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра электроники

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности
5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2016

СОСТАВИТЕЛИ: С.Б. Абдрешова, Г.Н. Абдрешова. Промышленная электроника. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2016. – 41 с.

В методических указаниях рассматривается 8 лабораторных работ по курсу Промышленная электроника.

Методические указания по подготовке к проведению лабораторных работ, в них приведены описания каждой лабораторной работы, экспериментальных установок, дана методика проведения и обработки опытных данных, перечень рекомендуемой литературы и контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 5В071800 – Электроэнергетика.

Ил.5, табл. 2, библиогр. – 24 назв.

Рецензент: доцент кафедры ИКТ Ю.М. Гармашова

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2016 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2016 г.

Введение

Настоящие методические указания к лабораторному практикуму предназначены для студентов, изучающих курс «Промышленная электроника». Лабораторные работы выполняются на стендах фирмы «DEGEM systems».

Основными целями данного цикла лабораторных работ являются:

− закрепить теоретические знания, полученные студентами при изучении материала учебников и лекционного материала;

− выработать умение определять параметры активных компонентов схем в дискретном исполнении и разрабатывать на их базе электронные схемы, проводить анализ электронных схем, в том числе с помощью машинных программ на ЭВМ; с помощью анализа и экспериментальных исследований оптимизировать схемы путем варьирования параметров компонентов и повторных расчетов.

В процессе подготовки к лабораторному практикуму каждый студент должен: изучить соответствующие разделы конспекта лекций и рекомендованной литературы, по необходимости выполнить расчеты компонентов схемы по исходным данным.

Отчет должен содержать:

− цель и задание работы;

− справочные данные исследуемых приборов;

− результаты проделанной работы (экспериментальные данные, расчеты, графики и др.);

− выводы по работе;

− список использованной литературы.

Отчет оформляется по ФС НАО АУЭС (СТ НАО 56023-1910-04-2014). Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию должны соответствовать этому стандарту.

1 Лабораторная работа №1. Исследование характеристик выпрямительного диода

Цель: снятие и анализ вольтамперных характеристик (ВАХ) прямого и обратного включения полупроводникового диода; исследование и анализ явления накопления неравновесных носителей в области базы.

1.1 Рабочее задание

1.1.1 Собрать схему для снятия характеристики прямого включения полупроводникового диода согласно рисунку 1.1.

1.1.2 Измерить сопротивление R1.

1.1.3 Снять и построить ВАХ прямого включения диода.

1.1.4 Собрать схему для снятия характеристики обратного включения полупроводникового диода согласно рисунку 1.2.

1.1.5 Снять и построить ВАХ обратного включения диода.

1.1.6 Исследовать схему однополупериодного выпрямителя и проанализировать явление накопления неравновесных носителей в области базы.

1.2 Методические указания к выполнению работы

1.2.1 Вставьте печатную плату ЕВ – 111 в стенд PU 2000 от DEGEM system.

1.2.1 Измерьте омметром сопротивление резистора R1.

1.2.3 Соберите схему, показанную на рисунке 1.1.

1.2.4 Повышая напряжение источника питания PS-1 от нуля до максимального значения, записывайте значения тока $I_{пр}$ с интервалом 5 мА. Измеряйте значения напряжения $U_{пр}$ на диоде. Данные занесите в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

$I_{пр}$, *мА*	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{пр}$, *В*											

1.2.5 Соберите схему, показанную на рисунке 1.2.

1.2.6 Повышая напряжение источника питания PS-2 от нуля до максимального значения с интервалом 1 В, записывайте значения тока. Данные занесите в таблицу 1.2. По полученным данным постройте характеристику обратного включения полупроводникового диода.

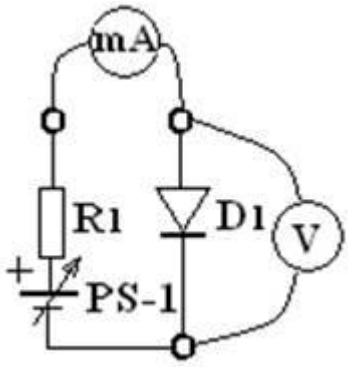


Рисунок 1.1 – Схема для снятия ВАХ прямого включения диода

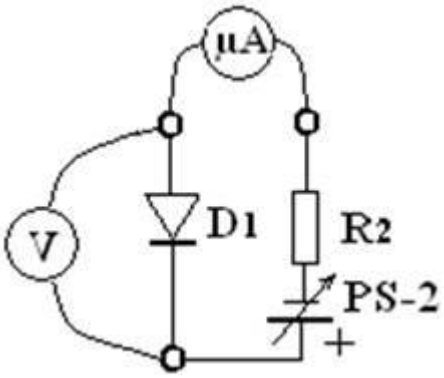


Рисунок 1.2 – Схема для снятия ВАХ обратного включения диода

Таблица 1.2

$U_{обр}$, B	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$I_{обр}$, μA												

1.2.7 Соберите схему, показанную на рисунке 1.3.

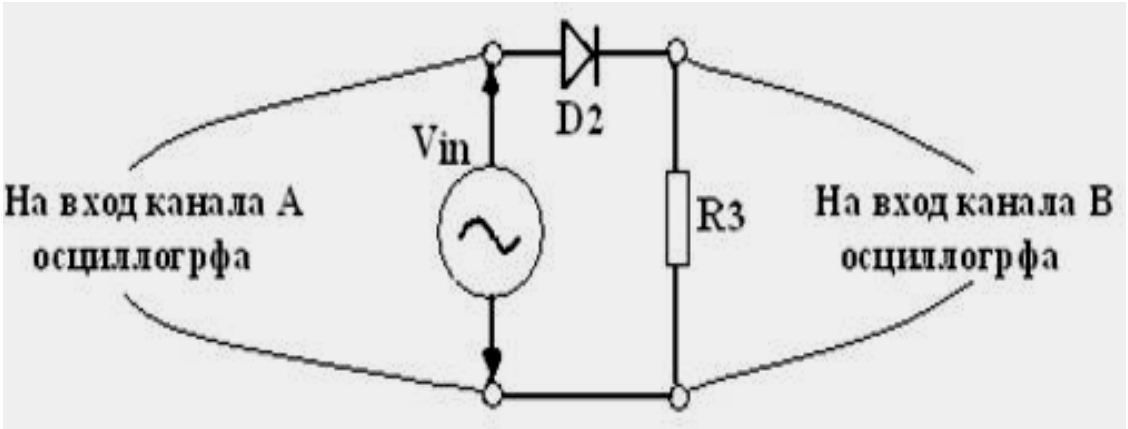


Рисунок 1.3 – Схема для исследования однополупериодного выпрямителя и явления накопления неравновесных носителей в базе диода

1.2.8 Измерьте сопротивление резистора R3.

1.2.9 На вход Vin подайте синусоидальное напряжение от функционального генератора, размещенного на стенде PU – 2000, либо от отдельного генератора. Ток через диод будет протекать во время положительной полуволны входного напряжения, а на R3 при этом будет напряжение, пропорциональное току через диод и резистор. Входное напряжение и выходное напряжение (на резисторе R3) измеряйте и зарисовывайте с помощью 2-х канального осциллографа. Исследование проводите на частотах 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц.

1.2.9 На вход Vin подайте прямоугольное напряжение (меандр) тех же частот: 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц с амплитудой 6 В. При частоте 100 кГц

проведите измерения времени рассасывания $t_{расс}$ и времени спада $t_{сп}$ (рисунок 1.4) и рассчитайте амплитуды прямого и обратного токов с помощью закона Ома.

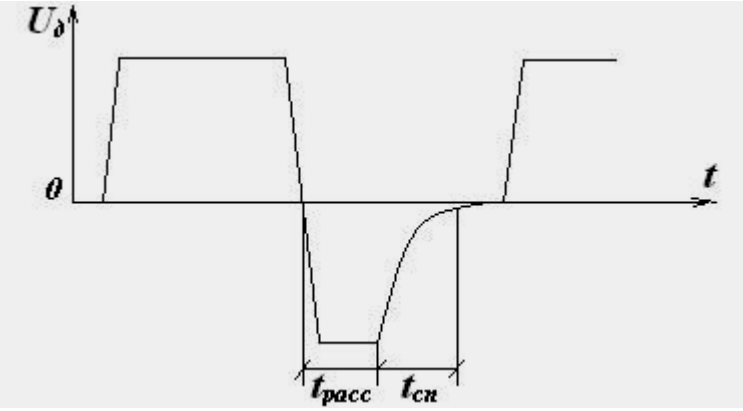


Рисунок 1.4 – Временная диаграмма прямого и обратного токов диода

1.2.10 Амплитуду входного напряжения уменьшите до 1В и проделайте измерения тех же величин.

1.3 Расчетное задание

1.3.1 По данным из таблицы 1.1 построить прямую ветвь ВАХ диода и вычислить графическим путем дифференциальное сопротивление на восходящем участке характеристики.

1.3.2 По данным из таблицы 1.2 построить обратную ветвь ВАХ диода и вычислить графическим путем дифференциальное сопротивление.

1.3.3 Построить график зависимости времени восстановления диода от величины прямого тока. Проанализируйте зависимость времён рассасывания $t_{расс}$ и спада $t_{сп}$ от значения прямого тока диода.

1.4 Контрольные вопросы

1.4.1 Чем объясняется вентильное свойство *p-n* перехода?

1.4.2 Что такое прямое и обратное включение диода?

1.4.3 Как зависит ВАХ диода от температуры?

1.4.4 Как зависит ширина *p-n* перехода от приложенного напряжения?

1.4.5 Каковы основные параметры диода?

1.4.6 В каких схемах используются диоды?

1.4.7 Показать на характеристиках диода, что такое статическое и дифференциальное сопротивления.

1.4.8 Как выглядит ВАХ двух последовательно соединённых одинаковых диодов?

1.4.9 Как выглядит ВАХ двух параллельно соединённых одинаковых диодов?

2 Лабораторная работа №2. Исследование характеристики стабилитрона и простейшего параметрического стабилизатора напряжения постоянного тока

Цель: снятие и анализ вольтамперной характеристики стабилитрона; исследование схемы простейшего параметрического стабилизатора напряжения.

2.1 Рабочее задание

2.1.1 Снять и построить ВАХ стабилитрона (при отключенной нагрузке).

2.1.2 Исследовать схему параметрического стабилизатора напряжения и построить ВАХ при различных сопротивлениях нагрузки.

2.1.3 Рассчитать коэффициенты стабилизации при различных сопротивлениях нагрузки.

2.2 Методические указания к выполнению работы

2.2.1 Соберите схему, показанную на рисунке 2.1.

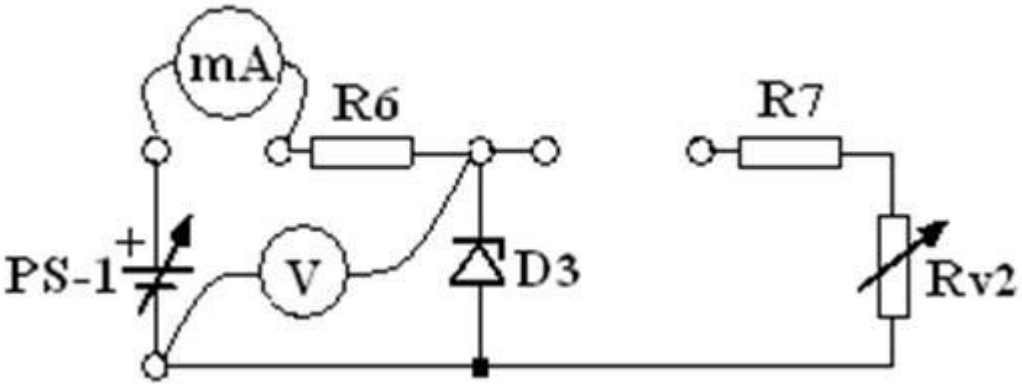


Рисунок 2.1 – Схема для снятия ВАХ стабилитрона

2.2.2 Измерьте сопротивление резистора R6.

2.2.3 Повышая напряжение источника питания PS-1 от нуля до максимального значения, записывайте значения тока стабилитрона $I_{ст}$ и напряжения на стабилитроне $U_{ст}$, измеряйте и входное напряжение схемы (напряжение источника PS-1). Данные занесите в таблицу 2.1. и по полученным данным постройте ВАХ стабилитрона и нагрузочную линию для сопротивления R6. Укажите на графиках значения напряжений на резисторе R6 и на стабилитроне.

2.2.4 Измерьте и установите максимальное значение сопротивления нагрузки (R7 + Rv2).

2.2.5 Соберите схему, показанную на рисунке 2.2.

Таблица 2.1

$I_{ст.}$, *mA*	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{ст.}$, *B*											
$U_{ист.}$, *B*											

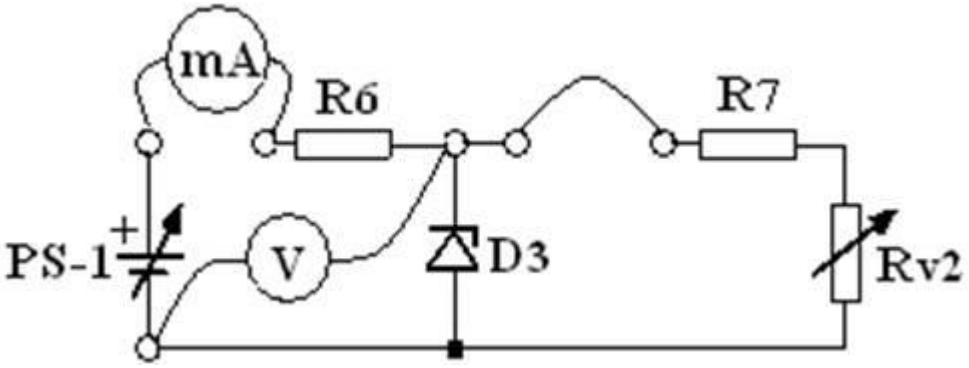


Рисунок 2.2 – Схема для исследования стабилизатора напряжения

2.2.6 Повышая напряжение источника питания PS-1 от 1В до максимального значения с интервалом 1В, измеряйте ток источника PS-1 $I_{ист}$ и напряжение на нагрузке $U_{ст}$, измеряйте также и входное напряжение схемы $U_{вх}$ (напряжение источника PS-1). Данные занесите в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

$U_{вх}$, *B*	1	2	3	4	…	…	…	…	11
$U_{ст}$, *B* при R_H *max*									
$U_{ст}$,*B* при R_H =600 Ом									
$U_{ст}$,*B* при R_H =200 Ом									
$K_{ст.}$, *%*									

2.2.7 Проделайте те же измерения при сопротивлениях нагрузки: $R_н$ = 600 Ом и 200 Ом.

2.2.8 По полученным данным постройте вольтамперные характеристики стабилитрона с подключенной нагрузкой.

2.3 Расчётное задание

2.3.1 По данным из таблицы 2.1 постройте ВАХ стабилитрона и нагрузочную линию для сопротивления R6. Укажите на графиках значения напряжений на резисторе R6 и на стабилитроне.

2.3.2 Рассчитайте значения коэффициентов стабилизации при различных сопротивлениях нагрузки. Для этого проведите нагрузочные линии так, чтобы они пересекали середины восходящих участков ВАХ, построенных

по данным из таблицы 2.2. Напряжение на стабилитроне, соответствующее точке пересечения, будет номинальным выходным напряжением стабилизатора $U_{стном}$, а напряжение источника будет номинальным входным напряжением $U_{вхном}$. Дать приращение входного напряжения $\Delta U_{вх}$ = 2В и провести ещё одну нагрузочную линию. С помощью ВАХ измерить соответствующее приращение напряжения стабилизации $\Delta U_{ст}$. Коэффициент стабилизации вычисляется по формуле:

$$K_{ст} = (\Delta U_{вх} / U_{вхном})/(\Delta U_{ст} / U_{стном}).$$

Проанализировать зависимость значения коэффициента стабилизации от сопротивления нагрузки.

2.4 Контрольные вопросы

2.4.1 Какая ВАХ стабилитрона является рабочей: прямая или обратная?

2.4.2 Какой участок ВАХ стабилитрона является рабочим: пологий или крутой?

2.4.3 Как включаются стабилитрон и нагрузка в простейшем стабилизаторе напряжения: параллельно или последовательно?

2.4.4 Как строится ВАХ параллельного соединения стабилитрона и сопротивления нагрузки?

2.4.5 В чем смысл коэффициента стабилизации?

2.4.6 Как связан коэффициент стабилизации с дифференциальным сопротивлением стабилитрона?

2.4.7 Как выглядит ВАХ двух последовательно соединённых стабилитронов?

2.4.8 Как выглядит ВАХ двух встречно-последовательно соединённых стабилитронов?

2.4.9 Можно ли включать стабилитроны последовательно?

2.4.10 Можно ли включать стабилитроны параллельно?

2.4.11 В каком соотношении должны быть токи стабилитрона и нагрузки?

2.4.11 В каком соотношении должны быть напряжения источника и напряжение стабилизации?

3 Лабораторная работа №3. Исследование биполярного транзистора

Цель: снятие входных и выходных ВАХ биполярного транзистора; графическое определение *h*- параметров транзистора.

3.1 Рабочее задание

3.1.1 Снять и построить входную характеристику транзистора $I_б = f(U_{бэ})$ при коллекторном напряжении $U_{кэ}$= 0 В.

3.1.2 Снять и построить входную характеристику транзистора $I_б = f(U_{бэ})$ при коллекторном напряжении $U_{кэ}$= 5 В.

3.1.3 Снять и построить входную характеристику транзистора $I_б = f(U_{бэ})$ при коллекторном напряжении $U_{кэ}$= 10 В.

3.1.4 Снять и построить семейство выходных характеристик транзистора $I_к = f(U_{кэ})$ при изменении базового тока от 0 до 100 мкА.

3.2 Методические указания к выполнению работы

3.2.1 Установить печатную плату ЕВ – 111, которая содержит схему на рисунке 2.1, в стенд PU 2000 от DEGEM system.

3.2.2 Измерить сопротивления резисторов Rv1, R4, R5.

3.2.3 Собрать схему для снятия входной характеристики $I_б = f(U_{бэ})$ транзистора при напряжении на коллекторе $U_{кэ}$= 0 В (рисунок 3.1),

3.2.4 При помощи переменного резистора Rv1 изменять базовый ток с интервалом 10 мкА, измеренные значения напряжения базы $U_{бэ}$ занести в таблицу 3.1.

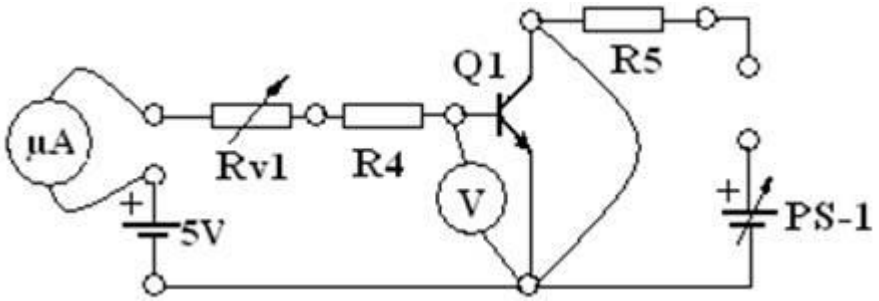


Рисунок 3.1 – Схема для снятия входной характеристики биполярного транзистора при напряжении на коллекторе, равном нулю

Таблица 3.1

Iб, μA	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Uбэ, В										

3.2.5 Собрать схему для снятия входных характеристик $I_б = f(U_{бэ})$ биполярного транзистора при фиксированных напряжениях на коллекторе $U_{кэ}$=5 В и $U_{кэ}$=10 В (рисунок 3.2).

3.2.6 С помощью регулятора источника питания PS-1 установить коллекторное напряжение $U_{кэ}$=5 В.

3.2.7 При помощи переменного резистора Rv1 изменять базовый ток, измеренные значения напряжения базы $U_{бэ}$ заносить в таблицу 3.2.

3.2.8 С помощью регулятора источника питания PS-1 установить коллекторное напряжение $U_{кэ}$=10 В.

3.2.9 При помощи переменного резистора Rv1 изменять базовый ток, измеренные значения напряжения базы $U_{бэ}$ заносить в таблицу 3.2.

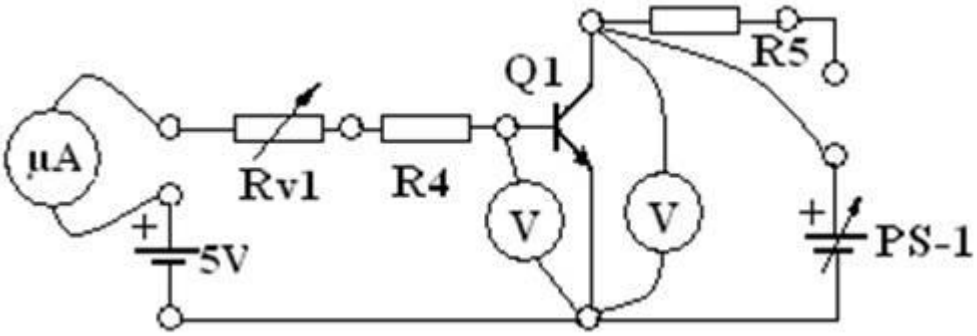


Рисунок 3.2 – Схема для снятия входных характеристик биполярного транзистора при напряжениях на коллекторе 5 В и 10 В

Таблица 3.2

$I_б$, μA	10	30	50	70	100	130	150
$U_{бэ}$, B при $U_{кэ}$=5B							
$U_{бэ}$, B при $U_{кэ}$=10B							

3.2.10 Собрать схему для снятия выходной характеристики $I_к = f(U_{кэ})$ транзистора при токе базы, равном нулю (рисунок 3.3).

3.2.11 С помощью регулятора источника питания PS-1 изменять коллекторное напряжение от нуля до 9 В с интервалом 1 В, значения тока коллектора занести в таблицу 3.3.

3.2.12 Собрать схему для снятия выходных характеристик $I_к = f(U_{кэ})$ транзистора при фиксированных токах базы (рисунок 3.4).

3.2.13 При помощи переменного резистора Rv1 установить базовый ток 20мкА, с помощью регулятора источника питания PS-1 изменять коллекторное напряжение от нуля до 9 В с интервалом 1 В, значения тока коллектора занести в таблицу 3.3.

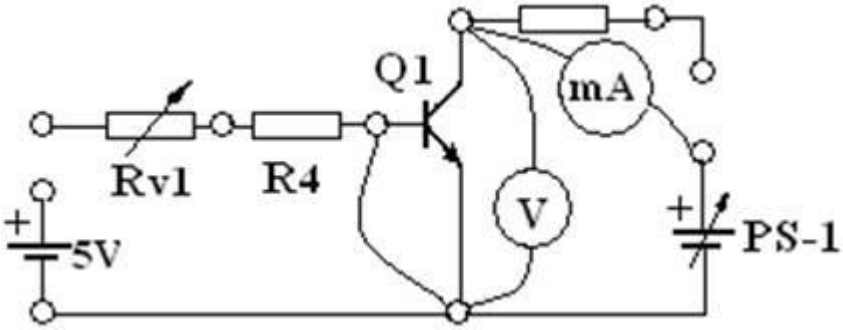


Рисунок 3.3 – Схема для снятия выходной характеристики транзистора при токе базы, равном нулю

3.2.14 Снять характеристики $I_к = f(U_{кэ})$ при заданных токах базы.

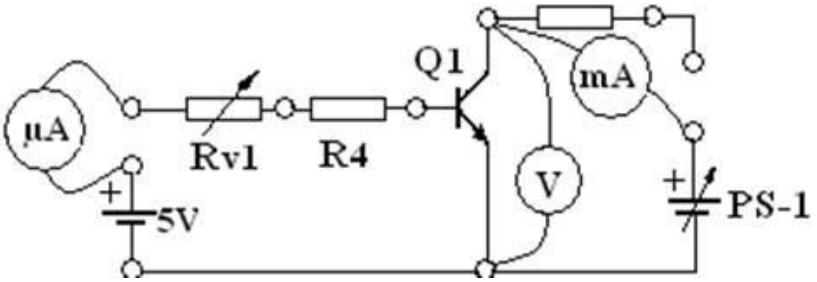


Рисунок 3.4 – Схема для снятия семейства выходных характеристик биполярного транзистора при заданных токах базы

Таблица 3.3

$I_б$, μA	$I_к$, mA при $U_{кэ}=1B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=2B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=3B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=4B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=5B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=6B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=7B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=8B$	$I_к$, mA при $U_{кэ}=9B$
0									
20									
40									
60									
80									
100									

3.3 Расчетное задание

3.3.1 Построить на одном графике, как показано на рисунке 3.5, входные характеристики транзистора $I_б = f(U_{бэ})$ при фиксированных напряжениях на коллекторе: $U_{кэ}$= 0 В, $U_{кэ}$= 5 В и $U_{кэ}$= 10 В (по данным из таблиц 3.1. и 3.2). По характеристикам определить графическим способом параметры h_{11} и h_{12} для области, расположенной на середине восходящего участка, $h_{11} = \Delta U_{бэ} / \Delta I_б$ - входное дифференциальное сопротивление транзистора, $h_{12} = \Delta U_{бэ} / \Delta U_{кэ} = \Delta U_{бэ}^{1}/(10B-5B)$ - коэффициент внутренней обратной связи.

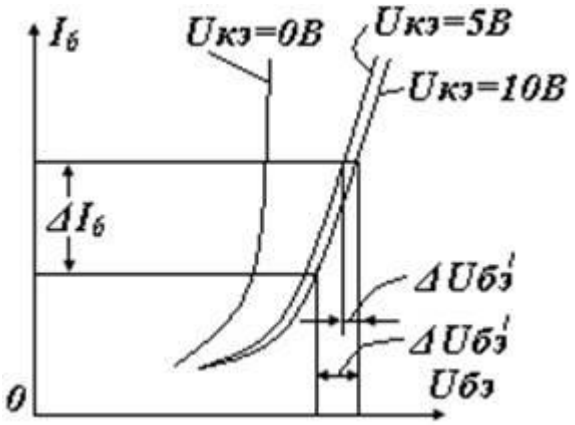


Рисунок 3.5

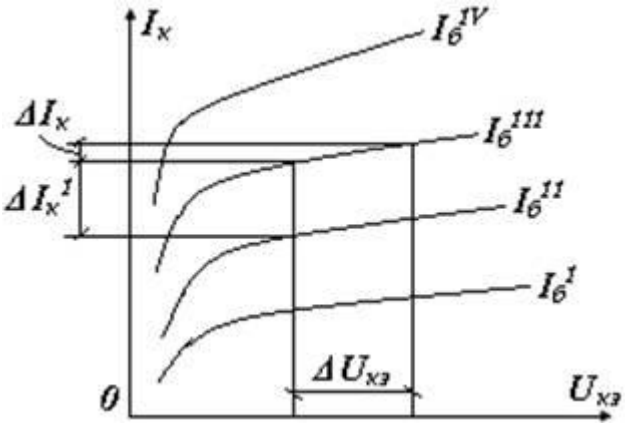


Рисунок 3.6

3.3.2 Построить на одном графике семейство выходных характеристик транзистора $I_к=f(U_{кэ})$ при фиксированных токах базы по данным из таблицы 3.3. По характеристикам определить графическим способом параметры h_{21} и h_{22} для области, расположенной приблизительно в середине семейства характеристик, как показано на рисунке 3.6 $h_{22}= \Delta I_к \ / \ \Delta U_{кэ}$ - выходная дифференциальная проводимость транзистора, $h_{21} = \Delta I_к^1 / \Delta I_б = \Delta I_к^1 / (I_б^{111} - I_б^{11})$ – коэффициент передачи тока базы.

3.4 Контрольные вопросы

3.4.1 Принцип действия биполярного транзистора, физические процессы в *p-n* переходах Э-Б и Б-К.

3.4.2 Почему коллекторный ток слабо зависит от коллекторного напряжения?

3.4.3 От чего коллекторный ток зависит сильно?

3.4.4 Какая величина является входной в схеме ОБ?

3.4.5 Какая величина является входной в схеме ОЭ?

3.4.6 Изобразить входные характеристики транзистора по схеме ОБ.

3.4.7 Изобразить выходные характеристики транзистора по схеме ОБ.

3.4.8 Изобразить входные характеристики транзистора по схеме ОЭ.

3.4.9 Изобразить выходные характеристики транзистора по схеме ОЭ.

3.4.10 В чём достоинства системы *h*-параметров транзистора как 4-х полюсника?

3.4.11 Как определяют графическим способом *h*-параметры транзистора по характеристикам?

4 Лабораторная работа №4. Исследование фототранзисторного оптрона

Цель: исследование сквозных и частотных характеристик оптрона.

4.1 Рабочее задание

4.1.1 Снять вольтамперную характеристику фотодиода.

4.1.2 Снять темновую характеристику фототранзистора.

4.1.3 Снять сквозные характеристики оптрона.

4.1.4 Снять частотную характеристику оптрона.

4.2 Методические указания по исследованию оптрона

4.2.1 Установить печатную плату ЕВ – 113, которая содержит схему для исследования оптрона, в стенд PU 2000 от DEGEM system.

4.2.3. Измерить сопротивления резисторов R_1, R_2 и R_3.

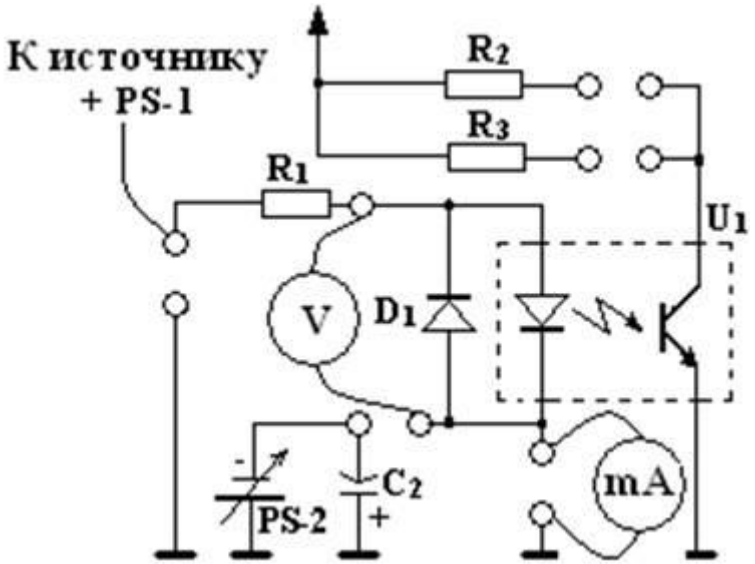


Рисунок 4.1 – Схема для снятия вольтамперной характеристики светодиода

4.2.3 Собрать схему для снятия вольтамперной характеристики светодиода $I_{сд} = f(U_{сд})$, показанную на рисунке 4.1. Повышая напряжение источника PS-1, снимать показания вольтметра и миллиамперметра, данные заносить в таблицу 4.1.

Таблица 6.1

U_{PS-1}, В	1	3	5	7	9	11
$U_{сд}$, В						
$I_{сд}$, мА						

4.2.4 Собрать схему для снятия темновой коллекторной характеристики фототранзистора $I_к = f(U_{кэ})$ при отсутствии тока светодиода, показанную на рисунке 4.2. Повышая напряжение источника PS-1 от 0 до 11 В, снимать показания вольтметра и миллиамперметра, данные заносить в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

U_{PS-1} U_{PS-1}, В	1	3	5	7	9	11
U_{PS-1} $U_{кэ}$, В						
$I_к$, мА						

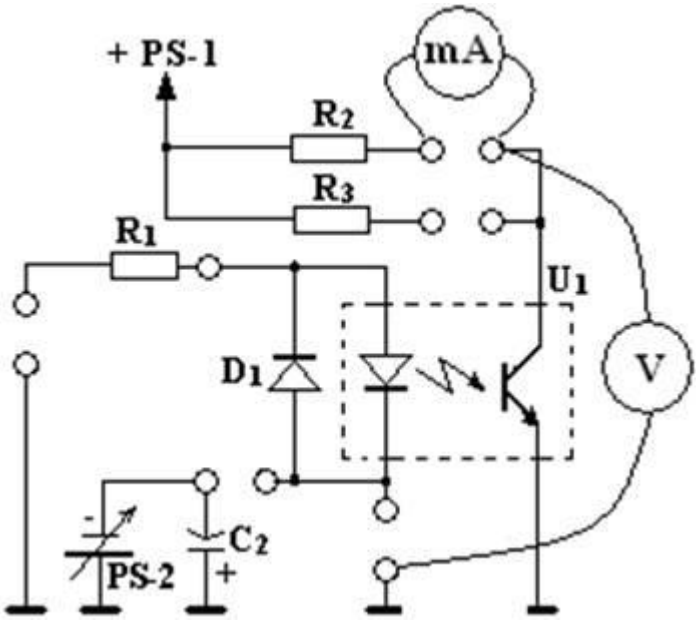


Рисунок 4.2 – Схема для снятия темновой коллекторной характеристики фототранзистора

4.2.5 Собрать схему, показанную на рисунке 4.3, и снять семейство сквозных характеристик фототранзистора $I_к = f(U_{кэ})$ при фиксированных значениях тока светодиода, данные заносить в таблицу 4.3.

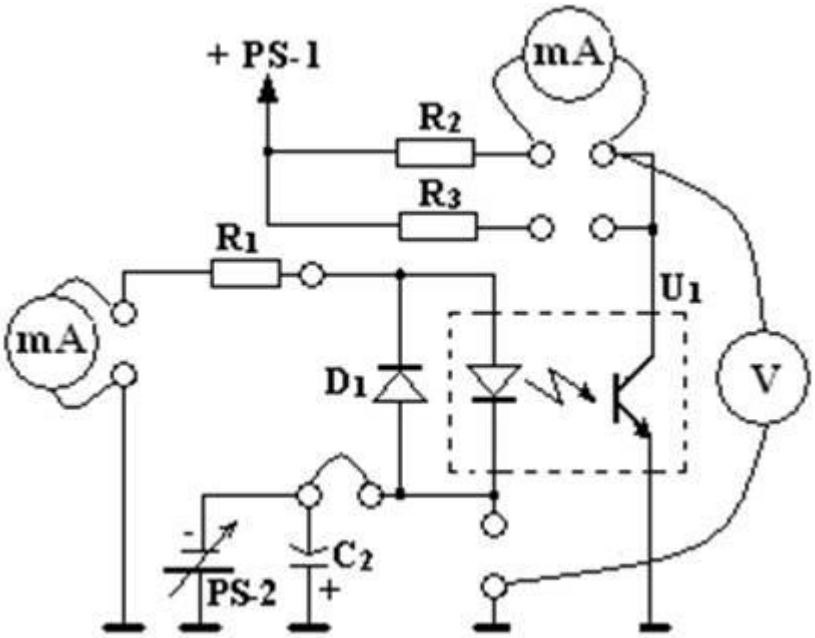


Рисунок 4.3 – Схема для снятия сквозных характеристик оптрона

Таблица 4.3

$I_{сд}$, *mA*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*1 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*2 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*3 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*4 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*5 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*6 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*7 В*	$I_к$, *mA* при $U_{кэ}$=*8 В*
3								
6								
10								
15								

4.2.6 Собрать схему (рисунок 4.4) для исследования частотных характеристик оптрона.

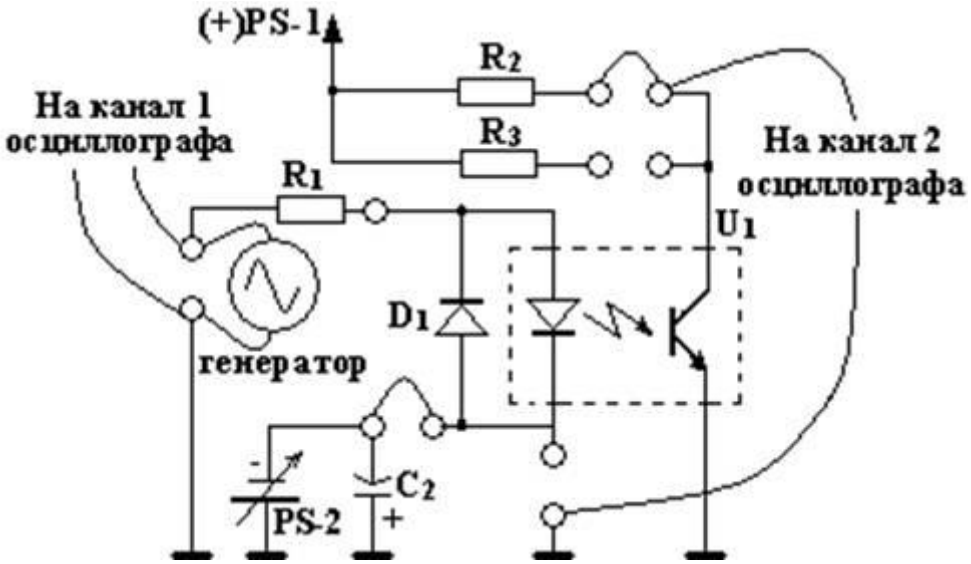


Рисунок 4.4 – Схема для снятия частотной характеристики оптрона

4.2.7 Подать от генератора сигнал треугольной формы на вход оптрона. Установить напряжение источника PS-1, равным 10 В. Варьируя напряжение источника PS-2, выбрать такую рабочую точку на характеристике светодиода, при которой сигнал на коллекторе фототранзистора будет не искаженным по форме.

4.2.8 Форму сигнала от генератора поменять на синусоидальную.

Изменяя частоту генератора при постоянной величине входного сигнала, измерять величину сигнала на коллекторе фототранзистора, т.е. на выходе оптрона. Данные заносить в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

f	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	50 кГц	100 кГц
$U_{вых}$,B						

4.3 Расчетное задание

4.3.1 Построить ВАХ светодиода $I_{сд} = f(U_{сд})$ по данным таблицы 4.1.

Провести нагрузочные линии для сопротивления R1 и найти величины токов при различных напряжениях источника.

4.3.2 Построить темновую характеристику фототранзистора $I_к = f(U_{кэ})$ по данным таблицы 4.2.

4.3.3 Построить семейство сквозных характеристик оптрона $I_к = f(U_{кэ})$ при различных токах светодиода по данным таблицы 4.3.

4.3.4 Провести нагрузочные линии для коллекторных сопротивлений R2 и R3.

4.3.5 Графическим способом определить коэффициент передачи оптрона $K = \Delta I_к / \Delta I_{сд}$.

4.3.6 С помощью семейства сквозных характеристик оптрона $I_к = f(U_{кэ})$ построить зависимости тока коллектора от тока фотодиода $I_к = f(I_{сд})$ при постоянных коллекторных напряжениях $U_{кэ}=Const$.

4.3.7 Построить частотную характеристику оптрона по данным таблицы 4.4.

4.4 Контрольные вопросы

4.4.1 С какой целью для передачи электрического сигнала используется преобразование его в оптический сигнал и затем обратное преобразование оптического сигнала в электрический?

4.4.2 Какие существуют способы электрической развязки цепей, кроме опто-электрической развязки?

4.4.3 При каком включении светодиод излучает свет, прямом или обратном?

4.4.4 С какой целью встречно-параллельно светодиоду включается обычный диод?

4.4.5 Чем отличается фототранзистор от обычного транзистора?

4.4.6 Чем в основном определяется величина коллекторного тока фототранзистора?

4.4.7 С какой целью при передаче двухполярного аналогового сигнала на светодиод подаётся ток постоянного смещения?

4.4.8 Чем объясняется завал частотной характеристики оптрона на высоких частотах; свойствами светодиода или фототранзистора?

5 Лабораторная работа №5. Исследование однофазных выпрямителей

Цель: изучение состава, основных показателей, принципа работы и исследование характеристик однофазных схем выпрямления при активной и активно емкостной нагрузках. Приобретение навыков измерения основных параметров и характеристик выпрямительных устройств.

5.1 Рабочее задание

5.1.1 Собрать схему однополупериодного выпрямителя.

5.1.2 Используя осциллограф, определить входное и выходное напряжения однополупериодного выпрямителя.

5.1.3 Использовать осциллограф для наблюдения выходного напряжения выпрямителя при наличии емкостного фильтра.

5.1.4 Определить величину пульсаций напряжения на нагрузке.

5.1.5 Проделать пункты для двухполупериодного выпрямителя.

5.1.6 Проделать пункты для мостовой схемы выпрямителя.

5.1.7 Определить выходное напряжение для двухполярного выпрямителя.

5.1.8 Определить влияние нагрузки и ее характера на величину пульсаций выходного напряжения.

5.1.9 Перечень используемого оборудования:

- PU – 2000 стенд;
- EB – 141 печатная плата;
- 2-канальный осциллограф;
- генератор сигналов;
- мультиметр (DMM).

5.2 Введение

Для питания радиоэлектронных средств (РЭС) от сети переменного тока необходимо преобразовать переменный ток в постоянный. Для этого используют выпрямители. В этой работе исследуются схемы одно-, двухполупериодных и мостовых выпрямителей, производится измерения пульсации выпрямленного напряжения и определяется влияние характера нагрузки на работу схемы.

Порядок выполнения работы:

1) Однополупериодный выпрямитель.

Вставьте плату EB-141 в стенд PU-2000.

Выберите схему, которая имеет вход “SIG IN”, она расположена в левом верхнем углу печатной платы.

Подключите генератор сигналов к “SIG IN” клемме, подайте синусоидальное напряжение с частотой 100 Гц, на вход трансформатора выпрямителя.

Соединить среднюю точку обмотки трансформатора T1 через резистор R21 с землей, согласно рисунку 5.1.

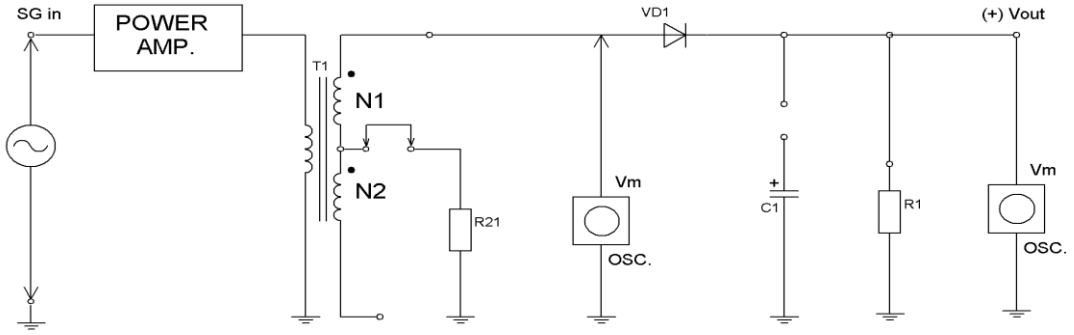


Рисунок 5.1– Схема однополупериодного выпрямителя

На вход канала 1 осциллографа подать сигнал с обмотки N1 трансформатора, согласно рисунка 5.1.

Установить уровень сигнала от генератора таким, чтобы получить напряжение с обмотки N1, равное 14В от пика до пика, то есть 4,9В действующего значения (UN1).

Соединить выход выпрямителя – (сигнал с клеммы резистора R1) – с входом канала 2 осциллографа, как показано на рисунке 5.1. При измерениях оба канала должны иметь одинаковое усиление и находиться в положении “DC” (измерение постоянных сигналов).

Снимите формы входного и выходного напряжений выпрямителя UN1=f(t) и UR1=f(t) в виде графиков. Измерьте разность амплитуд между UN1 и UR1, обусловленную наличием диода VD1.

Напряжение со средней точки обмотки T_1, т.е. с резистора R_{21}, подать на вход канала 1 осциллографа.

Снимите форму напряжения на R_{21}, U_{R21}=f(t) в виде графика (напряжение в средней точке обмотки). Определить ток через резистор R21 из соотношения:

$$I_{R1} = \frac{U_{R21}}{R_{21}}, \qquad (5.1)$$

где R_{21}=10 Ом.

Внимание: сигналы имеют отрицательную полярность, так как ток через R_{21} течет на землю.

Соединить конденсатор C1 параллельно R1.

Снять формы напряжений на входе и выходе выпрямителя UN1=f(t) и UR1=f(t) в виде графика (формы выходного напряжений однополупериодного выпрямителя с емкостным фильтром).

Установить второй канал осциллографа положение “AC” и увеличить чувствительность, чтобы можно было бы измерить пульсации напряжения.

Снимите форму пульсации выходного напряжения $U_{пульс}$=f(t) в виде графика (форму пульсаций напряжения однополупериодного выпрямителя). Измерьте и запишите.

$U_{пульс}$= ……В (от пика до пика).

Установить обратно канал 2 осциллографа в положение “DC”.

Соединить канал 1 осциллографа с измеряемым напряжением на R_{21}, т.е. к средней точке N1 обмотки трансформатора.

Снимите форму напряжения на R_{21} в виде графика (форма напряжения (тока) на средней точке обмотки).

Отсоединить конденсатор.

2) Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой.

Собрать схему, приведенную на рисунке 5.2.

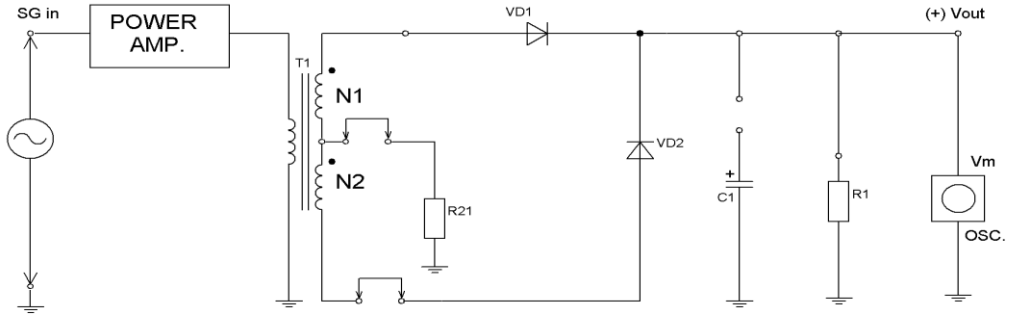


Рисунок 5.2 – Схема двухполупериодного выпрямителя со средней точкой

Снимите форму выходного напряжения выпрямителя $U_{вых.}$=f(t) в виде графика.

Проделать пункты для схемы рисунка 5.2. Снимите форму пульсации выпрямленного напряжения, а также форму напряжения на резисторе R21. Измерить постоянное составляющие напряжения на выходе выпрямителя:

$U_{вых.пост.}$= ……В,

$U_{пульс.}$= ……В.

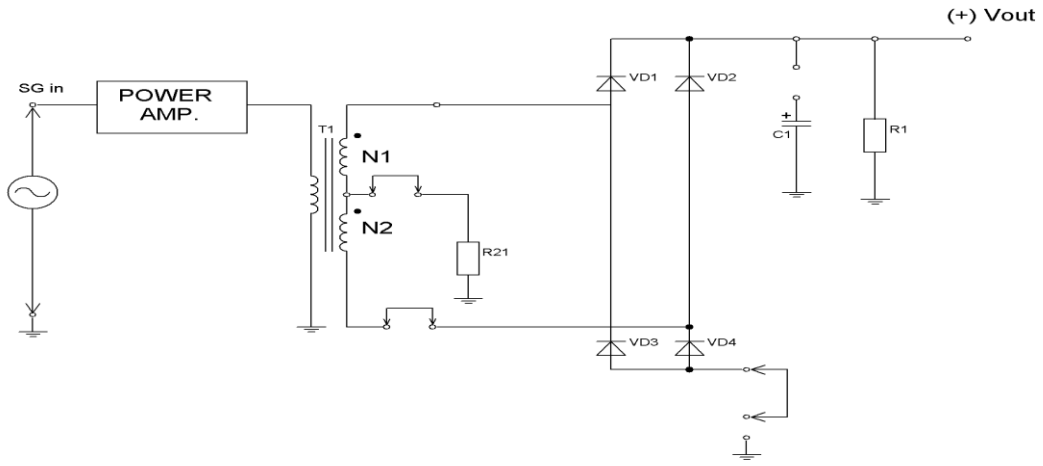
3) Мостовой двухполупериодный выпрямитель.

Снимите форму выходного напряжения на резисторе R1 (выходное напряжение мостового двухполупериодного выпрямителя).

Внимание: пиковое напряжение равно 14 В, оно меньше на 1,2 В из-за падения его на двух диодах.

Подключить конденсатор C1. Каким будет выходное напряжение $U_{вых}$.?

Собрать схему, приведенную на рисунке 5.3.



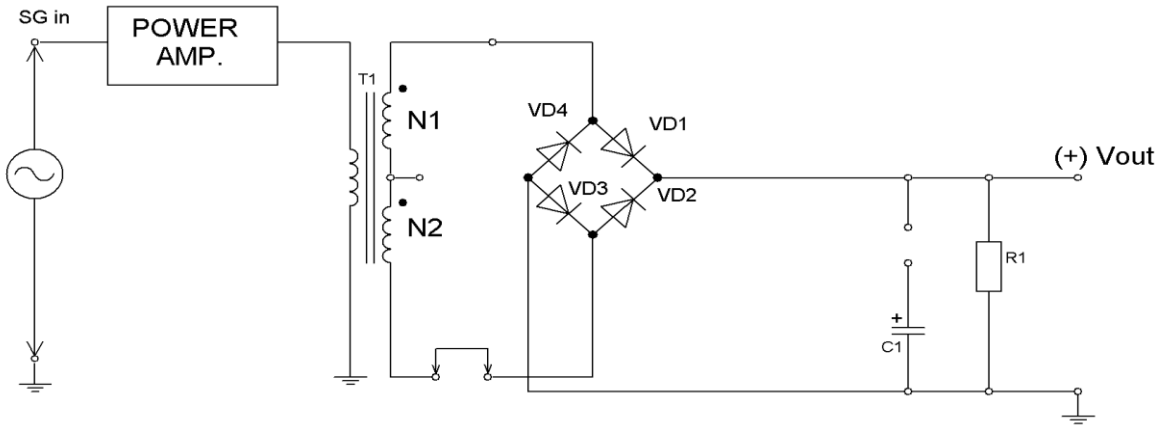
а) реальная схема на плате; б) обычное начертание схемы.

Рисунок 5.3 – Схема мостового двухполупериодного выпрямителя

4) Двухполярный выпрямитель

Данная схема позволяет получить на выходах два одинаковых по величине, но разных по знаку напряжения относительно земли.

Собрать схему, приведенную на рисунке 5.4.



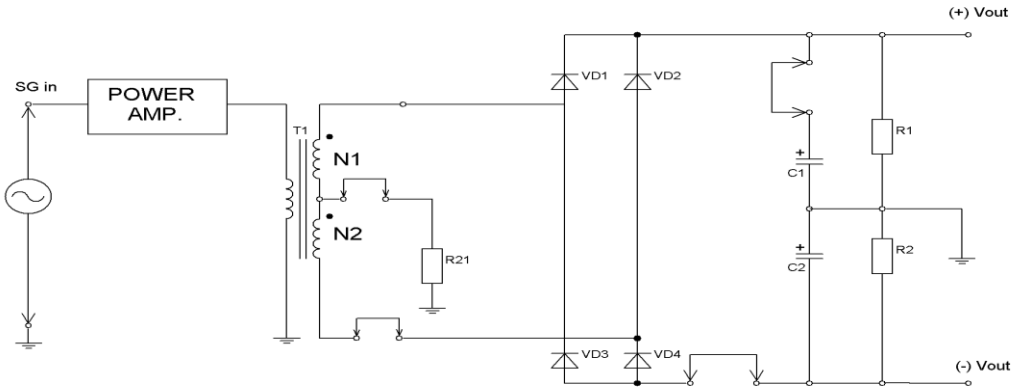


Рисунок 5.4 – Схема двухполярного выпрямителя

Снимите напряжение на конденсаторах C1 и C2 (выходные напряжения двухполярного выпрямителя).

5) Влияние нагрузки на выпрямитель.

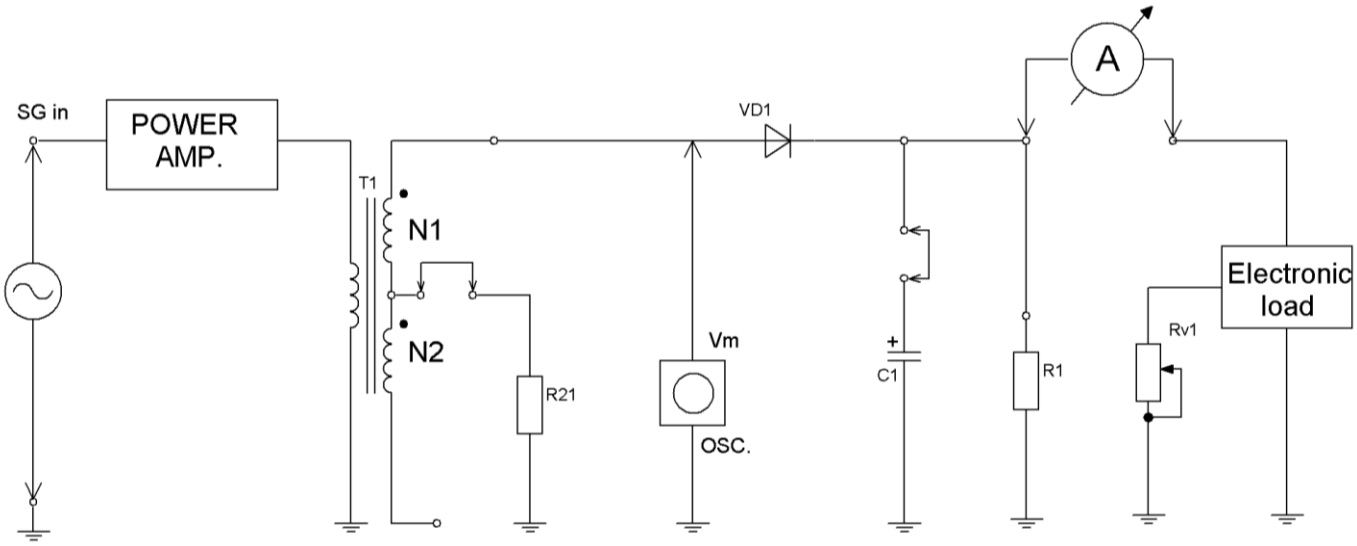


Рисунок 5.5 – Схема однополупериодного выпрямителя с переменной нагрузкой

Собрать схему, приведенную на рисунке 5.5.

С помощью потенциометра (переменный резистор RV1) установить минимальное значение тока, вращая его ручку до конца против часовой стрелки.

Измерить осциллографом пульсации напряжения на нагрузке (от пика до пика) и записать в таблицу 5.1 (влияние нагрузки на выпрямитель).

Таблица 5.1

I, мА	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25
$U_{пульс.}$, В										

Вращать потенциометр по часовой стрелке, получая токи, указанные в таблице.

Для каждого значения тока измерить пульсации и заносить в таблицу.

Начертить график изменения напряжения пульсации в зависимости от тока нагрузки.

Вставить слова в следующие фразы: а) в однополупериодном выпрямителе пульсации _____ (больше, меньше), чем у двухполупериодного выпрямителя. Почему? б) С увеличением тока нагрузки пульсации _____ (растут, уменьшаются).

Составить и оформить отчет по работе в соответствии с требованиями фирменного стандарта.

5.3 Контрольные вопросы

5.3.1 Что такое выпрямление электрических колебаний? На каком принципе осуществляется выпрямление?

5.3.2 Что называется выпрямителем?

5.3.3 Что называется однополупериодным выпрямителем?

5.3.4 Что называется двухполупериодным выпрямителем?

5.3.5 Что такое выпрямитель на мостовой схеме?

5.3.6 Что такое нагрузочная (внешняя) характеристика выпрямителя?

5.3.7 Что следует из сравнения нагрузочных (внешних) характеристик выпрямителей?

5.3.8 Из каких элементов состоит выпрямитель и каково назначение этих элементов?

5.3.9 Какими основными параметрами характеризуется выпрямительные диоды?

5.3.10 Что называется коэффициентом пульсаций выпрямителя?

5.3.11 Что называется коэффициентом использования трансформатора в выпрямительной схеме?

5.3.12 Что называется коэффициентом полезного действия выпрямителя?

5.3.13 Что называется частотой пульсаций выпрямителя?

5.2.14 Какими составляющими можно представить пульсирующее напряжение на выходе выпрямителя?

5.2.15 Какие факторы определяют величину напряжения пульсации на выходе выпрямителя?

5.2.16 Какие гармоники переменной составляющей выпрямленного напряжения оказывают большее мешающее действие?

5.2.17 Что такое коэффициент сглаживания фильтра и как его рассчитывают?

5.2.18 Что такое коэффициент фильтрации и как его рассчитывают?

5.2.19 Привести основные соотношения для однофазных выпрямителей при их работе на различные типы нагрузок.

5.2.20 Объяснить работу схем выпрямлений на различные виды нагрузок.

5.2.21 Объяснить зависимости коэффициента пульсации от характера нагрузки (R, L, C).

5.2.22 Объяснить осциллограммы кривых токов и напряжений в характерных точках схем выпрямления.

6 Лабораторная работа №6. Транзисторный стабилизатор

Цель: изучение принципа действия и экспериментальное исследование характеристик транзисторного стабилизатора напряжения постоянного тока.

6.1 Рабочее задание

После выполнения лабораторной работы вы сможете:

1) Собирать основную схему транзисторного стабилизатора.
2) Измерить выходное постоянное напряжение.
3) Подсоединять электрическую нагрузку к стабилизатору.
4) Использовать осциллограф для определения выходного напряжения стабилизатора.
5) Определять изменение выходного напряжения в зависимости от нагрузки.
6) Определять характеристики стабилизатора с обратной связью и токовым ограничителем.

Перечень используемого оборудования:

- PU – 2000 стенд;
- EB – 141 печатная плата;
- 2-канальный осциллограф;
- генератор сигналов;
- мультиметр.

6.2 Введение

Большие пульсации напряжения и непостоянство напряжения одно-двухполупериодных и мостовых выпрямителей ограничивает их применение. В этой работе Вы определяете характеристики основной схемы транзисторного стабилизатора, который используется для улучшения выходных характеристик.

Порядок выполнения работы:

1) Основная схема транзисторного стабилизатора

Вставить плату EB-141 в стенд PU-2000.

Найти схему, у которой есть вход “SIG IN”, эта схема в верхнем левом углу платы.

Подключить генератор к входу “SIG IN”, установить синусоидальное колебание с частотой 100 Гц.

Подключить Мультиметр к вторичной обмотке трансформатора, как показано на рисунке 6.1.

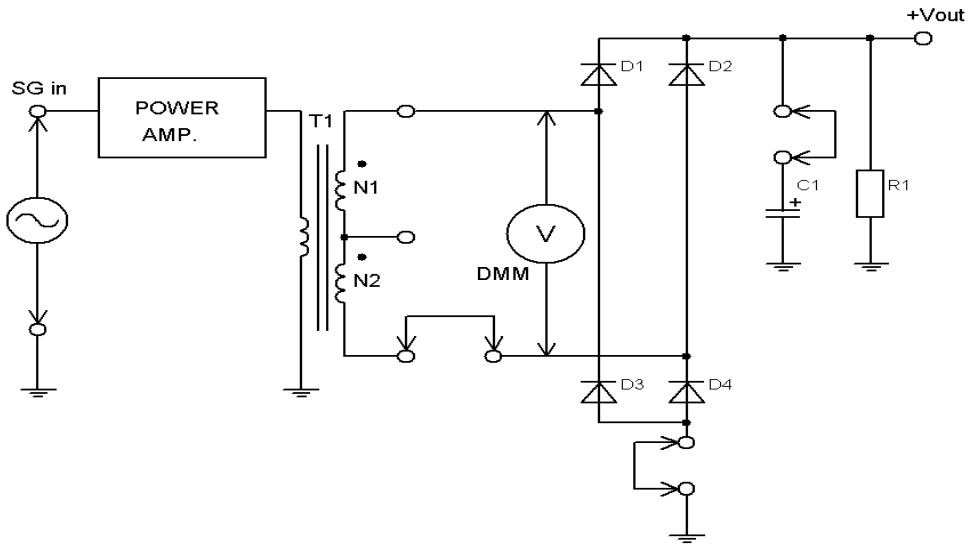


Рисунок 6.1 – Схема нестабилизированного мостового выпрямителя

Установить амплитуду входного напряжения $U_{вх.}$=9.8 В.

Собрать схему по рисунку 6.1, эта схема расположена за трансформатором.

Найти схему, которая содержит трансформатор Q_1.

Собрать схему, приведенную на рисунке 6.2.

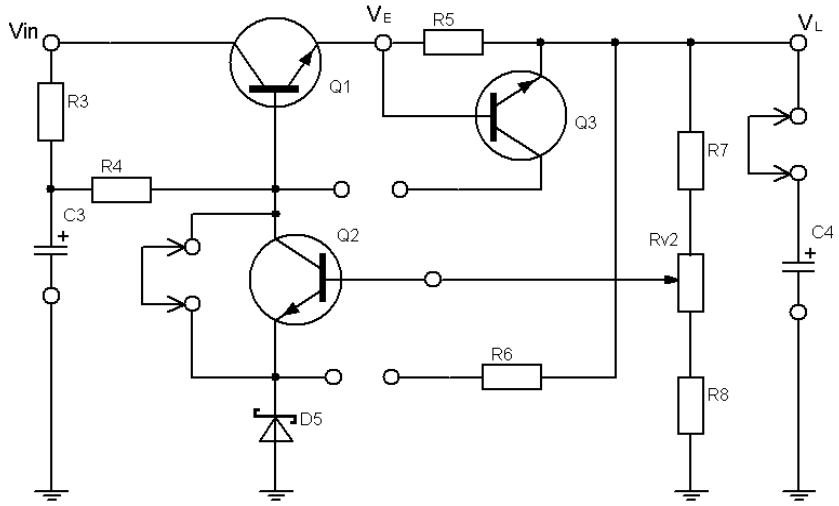


Рисунок 6.2 – Схема транзисторного стабилизатора

Соединить выход выпрямителя с входом транзисторного стабилизатора.

Измерить выходное постоянное напряжение стабилизатора, записать $U_{вых}$, напряжение на стабилитроне.

Измерить пульсации переменного напряжения на выходе стабилизатора осциллографом, записать $U_{вых}$ (от пика до пика).

Определить место нахождения электронной нагрузки по рисунку 6.3.

Повернуть потенциометр R_{V1} против часовой стрелки.

Соединить электронную нагрузку к выходам стабилизатора.

Подключить амперметр для измерения тока через нагрузку, как показано на рисунке 6.3, установить ток – 2,5 мА.

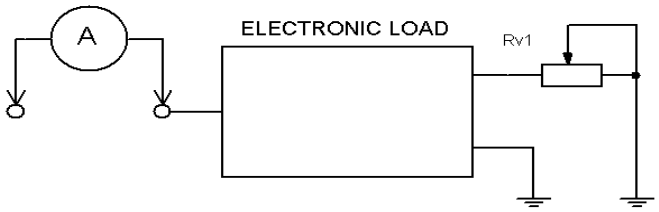


Рисунок 6.3 – Схема электронной нагрузки

Подключить осциллограф, измерить U_L, U_E (на эмиттере) и записать в таблицу 6.1.

Таблицу 6.1

I_L, мА	0	2.5	5	10	15	20	25	30
U_L, В								
U_E, В								

Устанавливать нагрузочный ток при помощи R_{V1} и записывать напряжение U_L, U_E для разных значений тока I_L, в таблицу 6.1.

Внимание: нулевой ток соответствует выключенной электронной нагрузке.

Построить график, U_L, U_E как I_L, (нагрузочные характеристики стабилизатора).

Измерить и записать уровень переменного напряжения при нагрузке I_L=30 мА для U_E и U_L;

Какое напряжение более стабилизировано U_E или U_L, почему?

2) Транзисторный стабилизатор с ограничителем тока.

Соединить коллектор Q_3 с R_4 перемычкой для получения схемы ограничителя тока, смотрите рисунок 6.2.

Отключить нагрузку и повторить пункты 10-11, записать выходное напряжение стабилизатора, напряжение на стабилитроне и напряжение пульсации (от пика до пика).

Повторить пункты 12-15;

Измерить напряжение U_E, U_L осциллографом и записать в таблицу 6.2 (напряжение и ток стабилизатора с ограничителем).

Таблица 6.2

I_L, мА	0	2.5	5	10	15	20	25	30
U_{R5}, В								
U_L, В								
U_E, В								

Измерить вольтметром падение напряжения на R_5.

Установить ток, используя R_{V1}, и записать результаты измерений в таблицу 6.2.

Построить график $U_L = f(I_L)$.

Оказывает ли ограничитель тока воздействие на стабилизацию в точках U_E и U_L.

Всегда ли верно это выражение $I_L = \frac{U_{R5}}{R_5}$ для тока нагрузки?

3) Транзисторный стабилизатор с обратной связью

Собрать схему транзисторного стабилизатора с обратной связью и с ограничителем тока по рисунку 6.4.

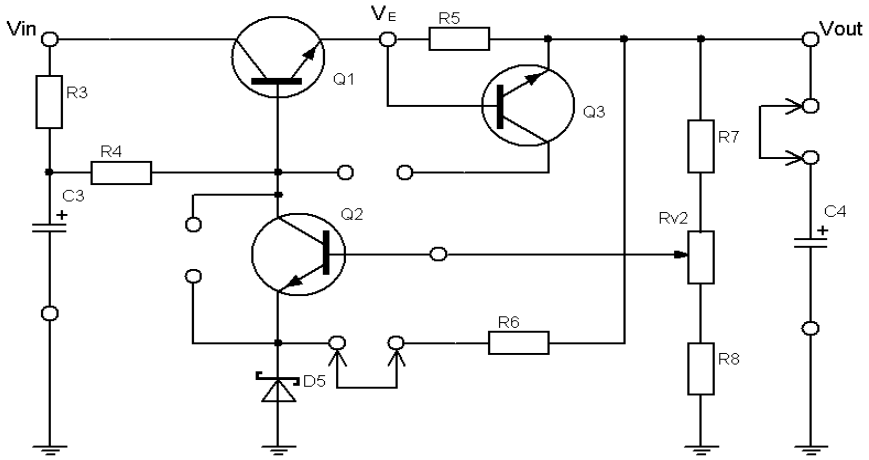


Рисунок 6.4 – Схема транзисторного стабилизатора с обратной связью

Подключить мультиметр для измерения $U_{вых}$.

В этой схеме Вы можете менять выходное напряжение $U_{вых}$, поворачивая потенциометр R_{V2}. При полном повороте по часовой стрелке будет максимальное входное напряжение.

Записать выходное напряжение $U_{макс.вых.}$ …….(В).

Подключить осциллограф к выходу стабилизатора, измерить пульсации от пика до пика $U_{пульс...}$……(В).

Повернуть потенциометр R_{V2} против часовой стрелки до конца.

Записать $U_{мин.вых.}$ ……..(В).

Измерить пульсации и записать.

Подключить электронную нагрузку к выходу. При этом потенциометр должен быть R_{V2} полностью против часовой стрелки (мин.нагрузки).

Установить R_{V1} для получения 5 мА тока нагрузки и измерить напряжение на нагрузке, записать в таблицу 6.3 (напряжение и ток стабилизатора с обратной связью).

Таблица 6.3

I_L, мА	0	5	10	20	30
U_L, В					

Медленно поворачивая потенциометр нагрузки по часовой стрелке, записывать U_L для каждого значения I_L; I_L=0 соответствует отключенной нагрузке.

Построить график U_L= f(I_L), (нагрузочная характеристика улучшенного транзисторного стабилизатора, для минимизации напряжения).

Установить потенциометр R_{V2} на максимальное напряжение и установить ток I_L=5 мА. Измерить напряжение на нагрузке и записывать значения в таблицу 6.4 (ток и напряжение стабилизатора с обратной связью при максимальном выходном напряжении).

Таблица 6.4

I_L, мА	0	5	10	20	30
U_L, В					

Повторить пункт 42 и построить график (нагрузочная характеристика улучшенного стабилизатора для максимального выходного напряжения).

Сравнить нагрузочные характеристики между собой.

Сравните стабилизатор с обратной связью с основной схемой. Какая из них лучше и почему?

6.3 Контрольные вопросы

6.3.1 Что такое стабилизатор напряжения и стабилизатор тока?

6.3.2 Какое применение в стабилизаторе напряжения находит стабилитрон?

6.3.3 Какими зависимостями характеризуется свойства стабилизаторов?

6.3.4 Что такое коэффициент стабилизации?

6.3.5 На каком принципе работает стабилизатор напряжения?

6.3.6 Что такое параметрический стабилизатор напряжения?

6.3.7 Какими параметрами характеризуется стабилизаторы напряжения и тока?

6.3.8 Как определяется экспериментально коэффициент стабилизации?

6.3.9 Какие стабилизаторы напряжения на ИМС вы знаете?

7 Лабораторная работа №7. Интегральный стабилизатор напряжения

Цель:

7.1 Рабочее задание

После выполнения данной лабораторной работы Вы сможете:

1) Подсоединить схему стабилизатора фиксированного напряжения к электронной нагрузке.

2) Использовать осциллограф для определения напряжения пульсации на выходе схемы интегрального стабилизатора.

3) Измерять выходное постоянное напряжение для различных нагрузок.

4) Определять стабилизацию напряжения для различных нагрузок.

5) Построить график, который показывает, как изменяется стабилизация напряжения при изменении напряжения нагрузки.

6) Определять, как изменяется выходной постоянный ток при изменении тока нагрузки.

7) Построить характеристическую кривую U_L – I_L выходного напряжения стабилизатора.

8) Разбираться в работе стабилизатора, когда он подключен в качестве электронной нагрузки.

Перечень используемого оборудования:

– PU-2000, компьютеризированная система для изучения электроники;
– печатная плата EB-141;
– двухканальный осциллограф;
– генератор сигналов;
– цифровой универсальный измерительный прибор (ЦУИП).

7.3 Введение

Стабилизаторы напряжения на интегральных схемах были разработаны для улучшения стабилизации напряжения в электронных схемах. Интегральный стабилизатор напряжения LM 317, который вы будете использовать в этой лабораторной работе, будет применяться для фиксированного и регулируемого выходного напряжения. В предыдущей лабораторной работе вы использовали этот стабилизатор в качестве регулируемой электронной нагрузки.

Порядок выполнения работы:

1) Стабилизатор фиксированного напряжения.

Вставить плату EB-141 в стенд PU-2000.

Найти схему, которая содержит вход «SIG IN». Эта схема расположена на верхнем левом углу платы.

Подключить генератор сигналов к входу «SIG IN». Установить на генераторе синусоидальный сигнал с частотой 100 Гц.

Подключить цифровой мультиметр на вход схемы интегрального стабилизатора, расположенной около трансформатора T1. Мультиметр должен быть соединен с обеими вторичными обмотками T1.

Установить амплитуду входного сигнала $U_{вх}$=28 В (9.8 В действующего напряжения).

Разъем C1 соединить и собрать схему 7.1.

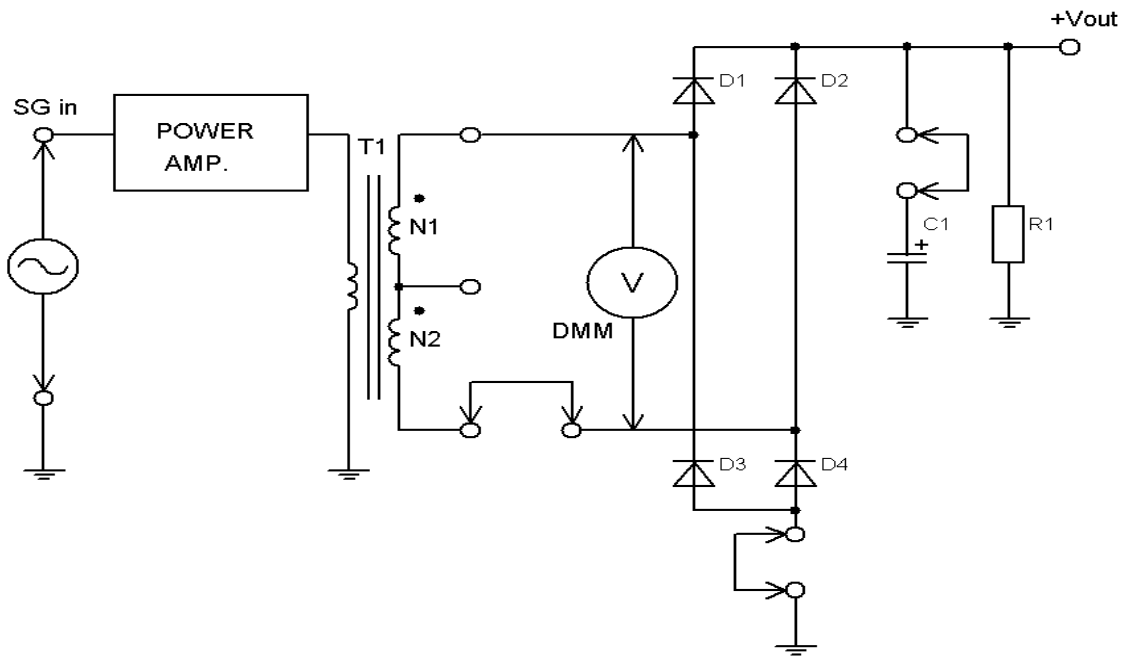


Рисунок 7.1 – Схема нестабилизированного мостового выпрямителя

Найти схему, которая содержит ЧИП, называемый «Интегральный стабилизатор». Эта схема расположена в центре печатной платы.

Собрать схему на рисунке 7.2.

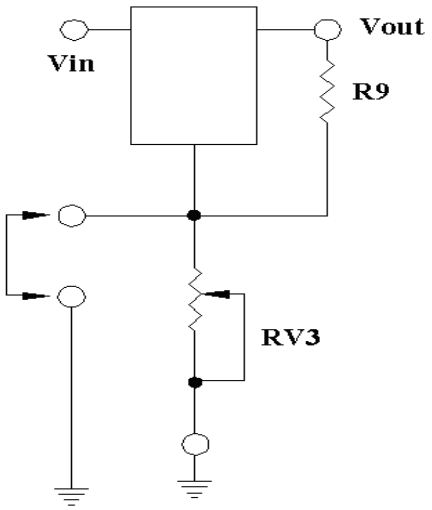


Рисунок 7.2 – Интегральный стабилизатор напряжения LM317

Подключить выход нестабилизированного мостового выпрямителя к входу LM317.

Подключить вольтметр в режиме DC к выходу стабилизатора, заполнить таблицу 7.1.

Таблица 7.1

	$U_{вых}$, В (на пост.)	$U_{пульс}$, мВ (на перем.) (от пика до пика)
R_L не подсоединен		
$R_L = R_{16}$		
$R_L = R_{21}$		

Измерить постоянное напряжение на выходе и заполнить таблицу 7.1.

Подключить R_{16} из схемы «step-up Switching Reg» (Импульсный регулятор) на выход интегрального стабилизатора и записать постоянное напряжение в таблицу (в строку $R_L = R_{16}$).

Повторить то же самое для $R_L = R_{21}$.

Подключить к выходу стабилизатора осциллограф и измерить напряжение пульсации переменного тока, записать в таблицу 7.1.

Повторить для различных R_L.

2) Стабилизатор переменного напряжения.

Убрать переходник, который замыкает R_{v3}.

Настроить потенциометр R_{v3} так, чтобы на нагрузке было 9 В.

Подключить электронную нагрузку и крутить R_{v1} до конца по часовой стрелке (максимальная нагрузка).

Измерить постоянное напряжение на нагрузке и записать в таблицу 7.2.

Таблица 7.2

U_{Lmax}, (В)	9	8	7	6	5	4	2
U_{Lmin}, (В)							
ΔU, (В)							
$(\Delta U/U)100\%$, (В)							

Повторить пункты для всех значений U_{Lmax}, указанных в таблице 7.2.

Вычислить $\Delta U = U_{Lmax} - U_{Lmin}$ и записать значения в таблицу 7.2.

Вычислить коэффициент стабилизации $K_{CT} = (\Delta U/U)100\%$, (%) и записать значения в таблицу 7.2.

Построить график зависимости коэффициента стабилизации напряжения от U_{Lmax}.

Завершить предложение: увеличение U_{Lmax} …(улучшает (ухудшает)) стабилизацию напряжения.

Крутить потенциометр R_{v1} до конца против часовой стрелки.

Изменяя R_{v3}, установить 5В постоянного тока на клеммах нагрузки. Записать значения в таблицу 7.3.

Примечание: 0 мА достигается размыканием электронной нагрузки.

Таблица 7.3

I_L, мА	0	5	10	20	30
U_L, В	5				

Подключить амперметр для измерения тока нагрузки и записать значение в таблицу 7.3.

Регулируя R_{v1} по часовой стрелке, установить ток нагрузки I_L =5 мА.

Измерить U_L и записать в таблицу 7.3.

Повторить пункты 29-30, пока ток не достигнет 30 мА.

Измерить U_L и I_L при полностью повернутом по часовой стрелке потенциометра R_{v1} и записать U в таблицу 7.3.

Построить график $U_L = f(I_L)$.

Для токов до 30 мА стабилизация ……(хорошая, плохая).

Разомкнуть электронную нагрузку и наблюдать за результатом. Подключить вольтметр к R_9 и измерить падение напряжения: U_{R9} …….(5 В или 1.25 В).

Закоротить R_{v3} (две закоротки слева). $U_{вых.}$ …….(5 В или 1.25 В).

Результаты, полученные в пунктах, показывают то, как работает электронная нагрузка: она использует постоянное падение напряжение 1.25 В и изменение сопротивления, при постоянном напряжении приводит к изменению тока.

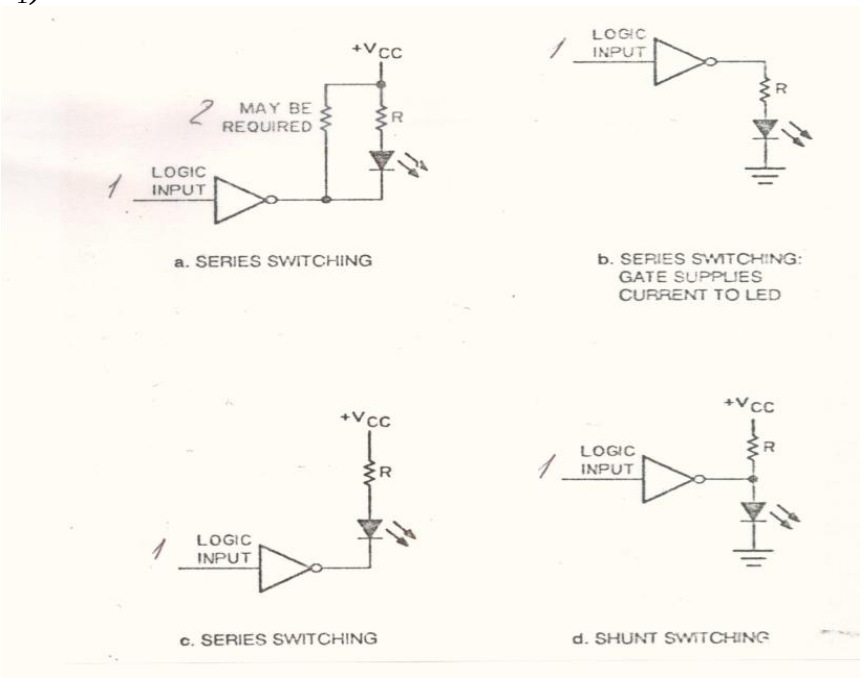
8 Лабораторная работа № 8. Исследование светодиода

Цель: изучить принцип работы светодиода (СД), знать его структурную схему включения и уметь снимать основные характеристики. Также знать основные сферы применения СД.

8.1 Рабочее задание

Порядок выполнения работы:

1) Соберите схему, показанную на рисунке 8.2 (воспользуйтесь красным светодиодом – L_1).



a) последовательное включение;

b) последовательное включение: вентиль цифровой микросхемы непосредственно подает ток на светодиод;

c) последовательное включение;

d) параллельное (шунтирующее) включение: 1 – входной логический сигнал; 2 – может потребоваться.

Рисунок 8.1 – Непосредственное подключение светодиодных индикаторов к цифровым микросхемам

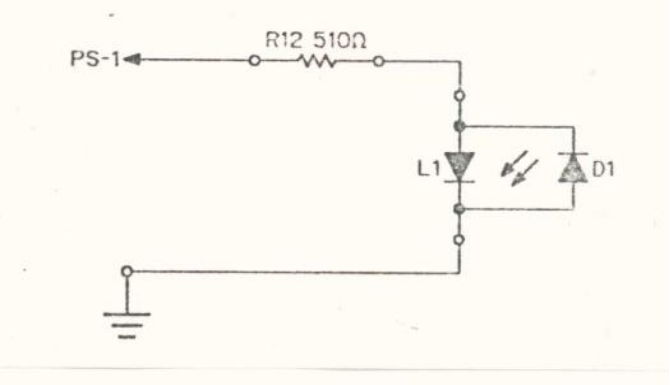


Рисунок 8.2 - Измерение параметров светодиода

2) Установите напряжение на выходе регулируемого источника питания PS-1 в соответствии с таблицей 8.2.

3) Измерьте напряжение U_r на резисторе R_{12}, а также напряжение на светодиоде U_f.

4) Вычислите величину I_f (ток, протекающий через светодиод) и запишите найденную величину в соответствующую строку таблицы 8.2.

$$I_f = U_r / R_{12}.$$

Таблица 8.2 – Измерение характеристик СД (красного)

PS-1 (В)		0	0,5	1	1,5	2	2,5	4	6	8	10
RED	U_r, В										
	I_f, мА										
	U_f,В										

5) Постройте ВАХ СД.

6) Повторите шаги 2, 3, 4 для желтого и зеленого СД и запишите найденные и вычисленные значения в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 – Измерение характеристик СД (желтого и зеленного)

PS-1 (В)		1	1,5	2	4	8	10
YELLOW	U_r, В						
	I_f, мА						
	U_f,В						

GREEN	U_r, В						
	I_f, мА						
	U_f,В						

7) Постройте ВАХ СД (для желтого и зеленного).

Измерение относительной интенсивности:

1) Соберите схему, показанную на рисунке 8.2 (воспользуйтесь красным светодиодом – L_1).

2) Установите напряжение на выходе регулируемого источника питания PS-1 равным 10 В.

3) Измерьте напряжение U_r на резисторе R_{12}, вычислите ток, протекающий через светодиод и запишите полученные таким образом результаты в таблицу 8.4: ток через светодиод – $I_f = U_r / R_{12}$.

Определите зависимость относительной интенсивности света от силы тока, проходящей через светодиод; полагайте, что интенсивность света прямо пропорциональна току, протекающему через светодиод.

Таблица 8.4 – Измерение относительной интенсивности

Относительная интенсивность света		100% (PS-1=10В)	50%	0%
RED (красный)	U_r, В			
	I_f, мА			
YELLOW (желтый)	U_r, В			
	I_f, мА			
GREEN (зеленый)	U_r, В			
	I_f, мА			

4) Интенсивность света, установленная в пункте 2, составляет 100%. Уменьшая напряжение на выходе регулируемого источника питания PS-1, установите 50% и 0% интенсивность. Для каждого соответствующего значения напряжения вычислите ток I_f и запишите его в таблицу 8.4.

5) Повторите пункты 1, 2, 3 и 4 для желтого и зеленого светодиодов и также запишите результаты в таблицу 8.4.

6) Постройте график зависимости относительной интенсивности от силы тока, протекающей через СД (относительная интенсивность, %).

Отображение характеристических кривых сд на экране осциллографа:

1) Соберите схему, показанную на рисунке 8.3.

2)

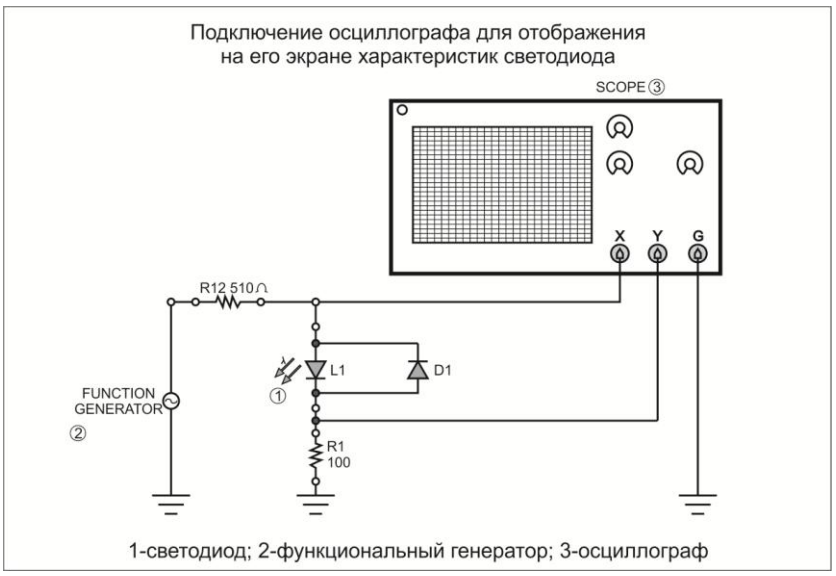


Рисунок 8.3 – Подключение осциллографа для отображения на его экране характеристик СД: 1 – СД; 2 – ФГ; 3 – осциллограф

3) Настройте ФГ на положительный треугольный сигнал частотой 1 кГц и пиковой амплитудой 10 В, показанный на рисунке 8.4.

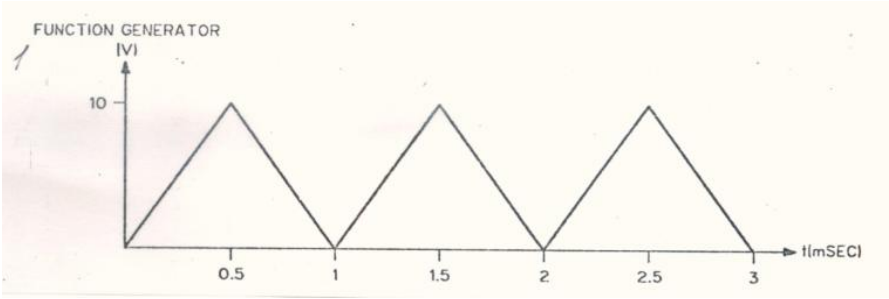


Рисунок 8.4 – Выходной сигнал с ФГ: 1 – ФГ

4) Установите переключатель SWEEP TIME (Time Base, развертка по горизонтали) в положение X-Y.

5) Установите чувствительность осциллографа по горизонтали (ось X) равной 1 В/дел., и по вертикали (ось Y) – 0,2 В/дел.

Переместите изображение в центр экрана осциллографа.

Примечание:

1 Ось X представляет изменение напряжения на светодиоде;

2 Ось Y представляет изменение напряжения на резисторе R_1, которое прямо пропорционально току через светодиод I_f.

6) Вычертите $I_f = f(U_f)$ ВАХ светодиода с экрана осциллографа.

7) Повторите пункты 2, 3, и 4 для желтого и зеленого светодиодов. Также вычертите $I_f = f(U_f)$ ВАХ светодиода с экрана осциллографа.

Управление СД с помощью схемы согласования с цифровыми микросхемами:

1) Соберите схему, показанную на рисунке 8.5.

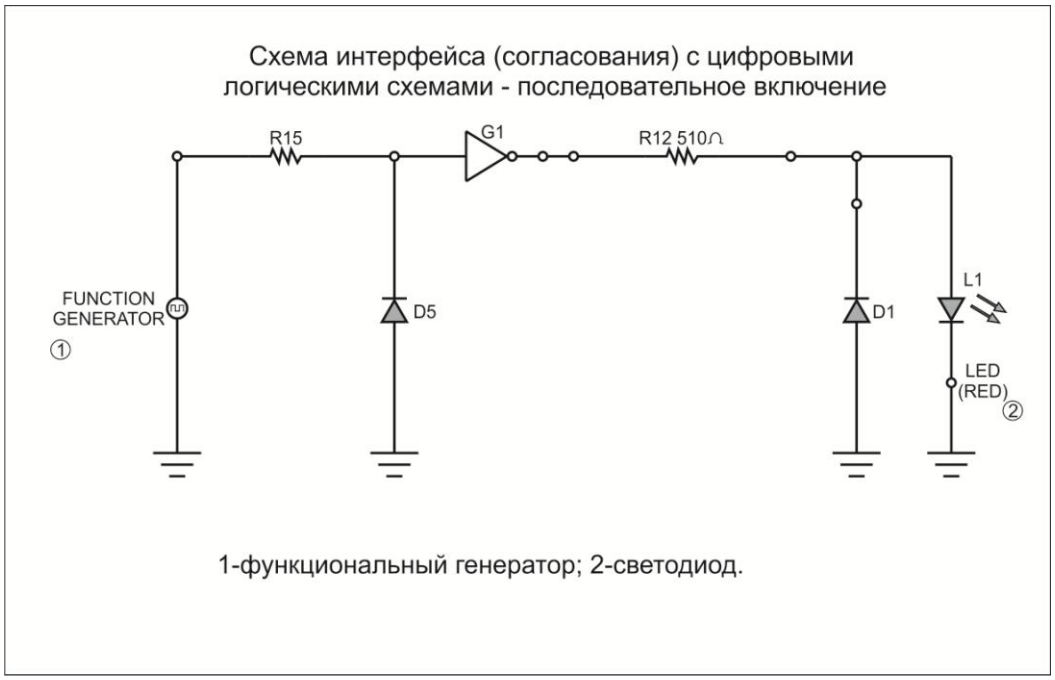


Рисунок 4.5 – Схема интерфейса (согласования) с цифровыми логическими схемами – последовательное включение

2) Настройте функциональный генератор на положительный прямоугольный сигнал частотой 1 Гц и пиковой амплитудой 10 В, показанный на рисунке 8.6.

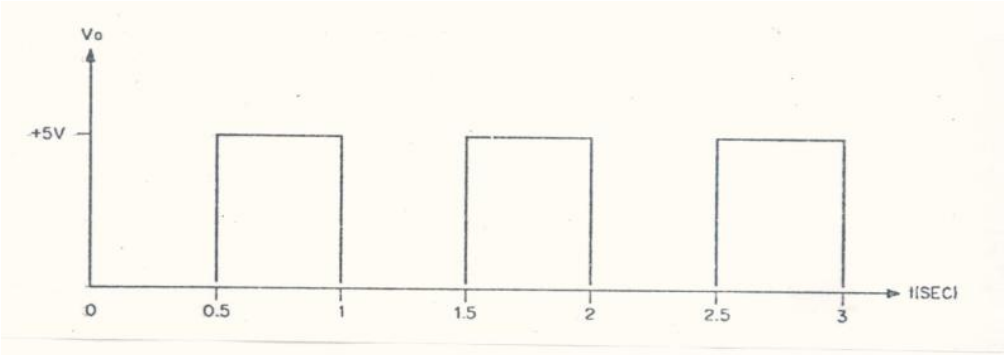


Рисунок 4.6 – Сигнал на выходе функционального генератора

3) Понаблюдайте за тем, как светодиод будет включаться и выключаться (мигать).

4) Увеличьте частоту сигнала на выходе функционального генератора до 5 Гц. По-прежнему ли четко наблюдается мигание светодиода?

5) Повторяйте шаг 5 с постоянным увеличением частоты выходного сигнала функционального генератора. Запишите частоту [f(max)], при которой возникает впечатление, что светодиод горит постоянно.

f(max) = Гц (красное свечение).

6) Повторите шаги 2….6 с применением желтого, а затем и зеленого светодиодов.

7) Запишите частоту [f(max)], при которой возникает впечатление, что светодиод горит постоянно.

f(max) = Гц (желтое свечение).

f(max) = Гц (зеленое свечение).

Список литературы

Основная

1 Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: Учеб. Пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 704 с.

2 Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебник для вузов. 3-е издание. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 320 с.

3 Нефедов А.В. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры: Справочное пособие. – М.: Солон-Пресс, 2006. – 600 с.

4 Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекций. – СПб.: КОРОНА принт, Бином Пресс, 2006. – 416 с.

5 Жолшараева Т.М., Шагиахметов Д.Р. Основы электронной и измерительной техники. Конспект лекций для студентов специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АУЭС, 2014. – 51 с.

6 Жолшараева Т.М., Абдрешова С.Б. Элементы и схемотехника аналоговых устройств. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов очной формы обучения специальности 5В071600 – Приборостроение. – Алматы: АУЭС, 2014. – 41 с.

7 Абдрешова С.Б. Элементы и схемотехника аналоговых устройств. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В071600 – Приборостроение. – Алматы: АУЭС, 2014. – 41 с.

8 Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника: Учеб.для вузов – М.: Высш.шк., 2006, - 799 с.

9 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / Нефёдов В.И., Хакин В.И., Федорова Е.В. и др.: Под ред. Нефёдова В.И. – М.: Высш.шк., 2005. – 383 с.

10 Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебник для вузов. 3-е издание. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 320 с.

11 Щука А.А. Электроника. Учебное пособие. Изд-во: BHV. -СПб, 2005. – 800 с.

12 Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника: Учебник для вузов. Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия-Телеком. 2005. - 768 с.

13 Борисов Ю.И. и др. Метрология, стандартизация и сертификация. ФОРУМ: ИНФРА, 2005. – 152 с.

Дополнительная

1 Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Учебник для вузов. 5-е издание. – СПб: «Лань», 2001. – 480 с.

2 Бойко В.И. Схемотехника электронных систем. Аналоговые и импульсные устройства. Учебник. – Изд-во: BHV-СПб, 2004. – 488 с.

3 Булычев А.Л., Лямин П.М., Тулинов В.Т. Электронные приборы. Учебник для вузов. - М.: Лайт ЛТД, 2000. - 416 с.

4 Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство – М.: Мир, 1982. – 512 с.

5 Нефедова В.И. и др. Метрология и радиоизмерения.– М.: Высшая школа, 2003.

6 Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высшая школа. 2002. – 107 с.

Содержание

Введение……..3
1 Лабораторная работа. Исследование характеристик выпрямительного диода.....4
2 Лабораторная работа. Исследование характеристики стабилитрона и простейшего параметрического стабилизатора напряжения постоянного тока 7
3 Лабораторная работа. Исследование биполярного транзистора.....9
4 Лабораторная работа. Исследование фототранзисторного оптрона.....13
5 Лабораторная работа. Исследование однофазных выпрямителей……18
6 Лабораторная работа. Транзисторный стабилизатор.....23
7 Лабораторная работа. Интегральный стабилизатор напряжения.....28
8 Лабораторная работа. Исследование светодиода.....32
Список литературы.....38

Сводный план 2016 г., поз. 160

Абдрешова Самал Бексултановна
Абдрешова Гульмира Нурланкызы

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности
5В071800 – Электроэнергетика

Редактор Л.Т. Сластихина
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать _____ Формат 60х84 1/16
Тираж 100 экз. Бумага типографская №1
Объем 2,5 уч.- изд. л. Заказ _____ Цена 1250 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013 Алматы, Байтурсынова, 126