

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Кафедра «Промышленная электроника»

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника
(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Лабораторный стенд «Импульсный стабилизатор напряжения»

Студент(ка)

А.В. Семенов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.К. Кудинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышленная электроника»

А.А. Шевцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Семенов Анатолий Вячеславович

1. Тема Лабораторный стенд «Импульсный стабилизатор напряжения»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 30 мая 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Входное напряжение: 12В 50 Гц. Ток нагрузки, не более 20мА. Основные измеряемые параметры: коэффициент стабилизации, выходное сопротивление. Выходное напряжение: регулируемое, 2...8В.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Введение. 1. Состояние вопроса. 1.1. Описание существующего лабораторного стенда. 1.2. Обзор импульсных стабилизаторов напряжения. 1.3. Задачи БР. 2. Основная часть. 2.1. Расчет схемы стабилизатора. 2.2. Модернизация схемы. 2.3. Конструкция лабораторного стенда. 2.4. Методика измерения параметров. 2.5. Экспериментальные исследования. 3. Экономическое обоснование работы. Заключение.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
1. Внешний вид стенда. 2. Импульсный стабилизатор напряжения. Схема электрическая принципиальная. 3. Обзор схем импульсных стабилизаторов. 4. Временные диаграммы работы стенда. 5. Экспериментальные данные. 6. Модернизированный стенд. Общий вид.
6. Консультанты по разделам: нет
7. Дата выдачи задания «02» февраля 2016 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

А.К. Кудинов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.В. Семенов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Объем 65 с., 65 рис., 5 табл., 25 источников.

РАСЧЁТ СХЕМЫ СТАБИЛИЗАТОРА, МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМЫ, КОНСТРУКЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА, МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная бакалаврская работа посвящена конструированию лабораторного стенда «Импульсного стабилизатора напряжения», состоящая из пояснительной записки объёмом листов и графической части объёмом 6 листов формата А1.

Цель работы: Повышение качества образования студентов при изучении дисциплины «Источники питания». Получение навыков у студентов, выполняющих измерения параметров стабилизатора напряжения, таких как коэффициент стабилизации $K_{ст}$ и выходное сопротивление стабилизатора $R_{вых}$.

Задачами бакалаврской работы является: изменение конструкции стенда, выбор и расчёт схемы импульсного стабилизатора, разработка методики измерения параметров стабилизатора, модернизация схемы для удобства измерения параметров, разработка методических указаний к проведению лабораторной работы.

В первом разделе рассматривается состояние вопроса, а также дается описание существующего лабораторного стенда и обзор импульсных стабилизаторов напряжения.

Во втором разделе производится конструирование, расчёт, измерение параметров и модернизация схемы импульсного стабилизатора напряжения.

В третьем разделе приведено экономическое обоснование работы.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Состояние вопроса.....	6
1.1 Описание существующего лабораторного стенда.....	6
1.2 Обзор импульсных стабилизаторов напряжения.....	13
1.3 Задачи бакалаврской работы.....	42
2. Основная часть	43
2.1 Расчёт схемы стабилизатора	43
2.2 Модернизация схемы.....	44
2.3 Конструкция лабораторного стенда.....	45
2.4 Методика измерения параметров	49
2.5 Экспериментальные исследования.....	54
2.6 Экономическое обоснование работы	59
Заключение	62
Список использованных источников	63

ВВЕДЕНИЕ

В ходе изучения курса «Источники питания» студентам предлагается выполнить лабораторную работу по исследованию параметрических стабилизаторов напряжения. В данной работе у студента стоит задача снять параметры стабилизатора, определив величины пульсаций напряжения схемы на выходе и тока нагрузки. Для выполнения данных задач, используется лабораторный стенд, к которому дополнительно подключается генератор напряжения и мультиметр. Чтобы упростить снятие характеристик импульсного стабилизатора, был разработан лабораторный стенд «импульсный стабилизатор напряжения», представляющий собой печатный узел с корпусом, в отверстия которого встроены гнезда для подключения измерительных щеток и ручка регулировки уровня переменного резистора.

К достоинствам такого лабораторного стенда можно отнести низкий уровень помех, простота в использовании, повышенное удобство измерения основных характеристик.

Цель работы: Повышение качества образования студентов при изучении дисциплины «Источники питания». Получение навыков у студентов, выполняющих измерения параметров стабилизатора напряжения, таких как коэффициент стабилизации k_{CT} и выходное сопротивление стабилизатора $R_{ВЫХ}$.

1. Состояние вопроса

1.1 Описание существующего лабораторного стенда

В ходе выполнения лабораторной работы «Исследование параметрического стабилизатора напряжения» по курсу «Источники питания» необходимо рассчитать коэффициент стабилизации k_{cm} и выходное сопротивление схемы $R_{вых}$, снять осциллограммы напряжения на выходе, данные процессы можно осуществить на универсальном компьютерном стенде, который предназначен для проведения лабораторных работ по профильным дисциплинам.

Внешний вид стенда приведён на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид универсального лабораторного стенда.

В состав стенда входит монтажное поле 1, на котором монтируются элементы исследуемых схем, двух осциллографов 2, размещённых на левой и правой панели стенда, с их помощью измеряются токи, напряжения, сопротивление, коэффициент передачи тока транзисторов, а также ёмкость и индуктивность, на левой стороне расположены сигнальный выход 3 и выход синхронизации 4, на правой сигнальный вход 5, вход синхронизации 6 и гнезда 7 для расположения полевых и биполярных транзисторов.

С помощью персонального компьютера 8 на экране монитора можно отобразить и зафиксировать полученную в ходе исследования информацию

об электрической схеме.

На нижней панели стенда располагаются выходы регулируемого блока источников питания 9.

Монтажное поле

Двустороннее монтажное поле (см. рисунок 2) предназначено для крепления навесных элементов. На монтажном поле установлены гнезда, закреплённые на гетинаксовой пластине внутри поля особым образом.

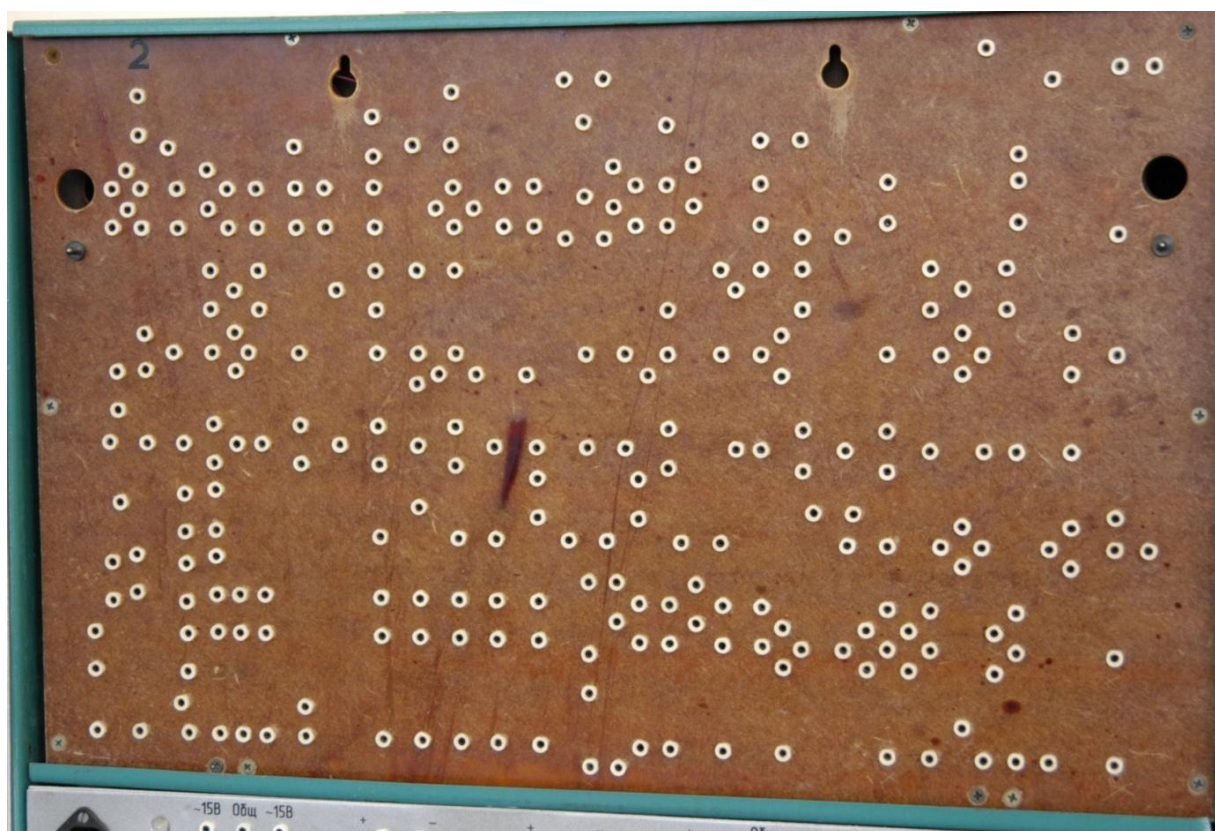


Рисунок 2 –Монтажное поле универсального лабораторного стенда

На монтажном поле устанавливаются планшеты с рисунком электрической схемы, на которых указывается полярность напряжения и полярность однополярных конденсаторов.

Блок источников питания

Блок источников питания (см. рисунок 3) предназначен для питания исследуемых устройств и состоит из следующих независимых источников:

- источника постоянного напряжения ИП1 с величиной напряжения +5В;
- источника переменного напряжения ИП2 с выбором величины напряжения +15 и -15В +15%;
- источника постоянного тока ГТ с регулируемым значением величиной тока от 0 до 10 мА рукоятками ГРУБО и ТОЧНО;
- регулируемого источника постоянного напряжения ГТ1 с напряжением на выходных клеммах от +0,5 до -7В, регулируемый рукоятками ГРУБО и ТОЧНО;
- источника постоянного регулируемого напряжения ГН2 от 0,5 до 15В с рукоятками ГРУБО и ТОЧНО;
- источника напряжения ГН3 с выходным напряжением от 0 до 100В, регулируемым рукояткой ГРУБО;
- источника двуполярного напряжения ИП3 с величиной напряжения $\pm 12В$.



Рисунок 3 – Блок источников питания

Блок мультиметров

Снятие показаний проводится при помощи двух мультиметров модели UNI-T UT54, расположенных по обе стороны панели стенда.

Мультиметр (см. рисунок 4) имеет дисплей, отображающий $3\frac{1}{2}$ значащие разряды и позволяет измерять значения постоянного и переменного тока и напряжения, сопротивления, емкость, частоту и температуру.



Рисунок 4 – Внешний вид мультиметров модели UNI-T UT54

Осциллограф

Осциллограф входит в состав стенда и представляет осциллографическую приставку, подключающуюся к параллельному порту персонального компьютера.

На правую лицевую панель лабораторного стенда (см. рисунок 5) выведены выключатель осциллографа зеленого цвета, светящийся во включённом состоянии, измерительные входы двух каналов осциллографа (Канал 1 и Канал 2) и вход синхронизации осциллографа. Технические характеристики осциллографической приставки показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики осциллографической

приставки:

Полоса пропускания, МГц:	25
Количество каналов:	2
Тип осциллографа	Цифровой
Чувствительность, В/дел.:	0.005-15
Частота выборки, Мвыб./с:	1000
Источник сигнала	канал 1, канал 2, триггер или свободный запуск
Частота дискретизации, Гвыб./с	1
Временная развертка	20 нс – 100 мс/дел
Входная чувствительность	5 мВ- 15 В/дел
Частота стробирования при повторяющемся режиме	25 кГц – 50 МГц 1 ГГц
Интерполяция	Линейная или сглаженная
Маркеры	Для напряжения и частоты
Длина записи	4096 выборок/канал



Рисунок 5 – Правая лицевая панель универсального лабораторного стенда

Универсальный функциональный генератор

Универсальный функциональный генератор представляет собой приставку, который подсоединяется к компьютеру через параллельный порт

и объединен в единую информационную систему с осциллографической приставкой. С помощью генератора можно получить на выходе синусоидальные сигналы, треугольные и прямоугольные импульсы, а также сигналы произвольной формы.

Генератор обладает следующими особенностями:

- оптическую изоляцию от компьютера;
- дополнительный выход синхронизации;
- создание индивидуальных форм сигналов;

Основные параметры генератора:

- диапазон частот: 0,01 Гц – 1 МГц;
- разрешение по частоте: 0,01%;
- вертикальное разрешение: 8 бит (0,4% от полной шкалы);
- диапазон амплитуды: 100мВ-10В при нагрузке 600 Ом;
- отклонение от нуля: от -5В до +5В;
- максимальная частота дискретизации: 32 МГц;
- коэффициент гармоник синусоиды: не более 0,08%;
- выходной импеданс: 50 Ом.

Управление работой осциллографа осуществляется с помощью программы, вид окна которой представлен на рисунке 6.

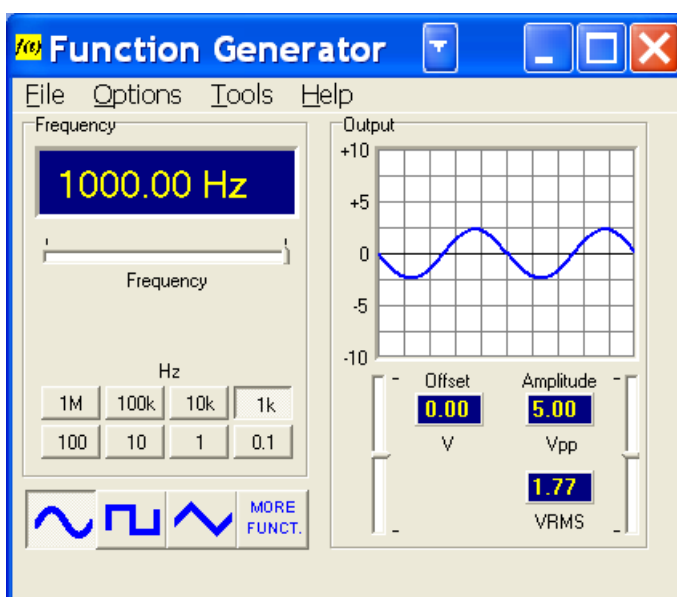


Рисунок 6 – Окно программы PC-Lab в режиме генератора

На рисунке видно, что данная программа позволяет при простом

нажатии экранной кнопки выбрать необходимую форму сигнала, при этом в окне Output отображается форма выбранного сигнала. Значение частоты задается с помощью ползунка под цифровым индикатором в поле Frequency.

Генераторная приставка подключается к внешним устройствам-нагрузкам аналогично обычным генератором – общий вывод генераторной приставки подключается к общей точке исследуемой схемы, а информационный провод красного цвета подключается к входу исследуемой схемы.

Работа с осциллографической и генераторной приставками производится с помощью программы PC – Lab 2000.

В методическом пособии [1] подробно изложено принцип работы всех приборов стенда.

1.2 Обзор импульсных стабилизаторов напряжения

Существует большое множество импульсных стабилизаторов напряжения. К импульсным стабилизаторам напряжения относятся устройства, которые могут поддерживать неизменной величину напряжения на нагрузке U_n регулирующим элементом работающим в ключевом режиме.

Благодаря этому режиму удаётся поддерживать очень высокий КПД стабилизатора, выше 90%.

Недостатком импульсных стабилизаторов является наличие импульсных электромагнитных помех.

Импульсные стабилизаторы бывают последовательного и параллельного типа. В качестве ключевых элементов чаще всего используют транзисторы различного типа проводимости. Стабилизация напряжения осуществляется путём изменения длительности импульсов при неизменной частоте, такой процесс носит название широтно-импульсное регулирование (ШИ – регулирование), либо происходит изменение частоты при неизменной длительности импульсов – частотно-импульсное регулирование (ЧИ – регулирование) или смешанное регулирование (ЧШИ – регулирование).

Все импульсные стабилизаторы требуют применение сглаживающего фильтра на выходе.

Принцип действия импульсных стабилизаторов иллюстрируется следующей схемой (см. рисунок 7).

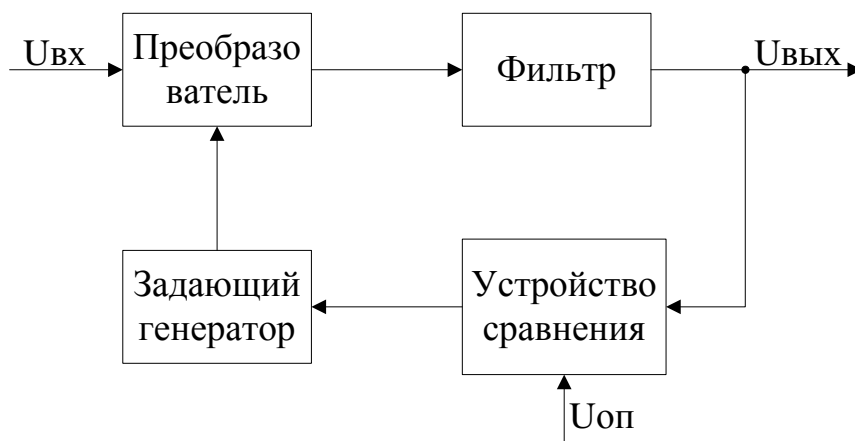


Рисунок 7 – Схема действия импульсных стабилизаторов

Импульсный стабилизатор состоит из импульсного преобразователя, содержащего регулирующий прибор, задающего генератора, сглаживающего фильтра и устройства сравнения, вырабатывающий разностный сигнал между выходным и опорным напряжением.

Способы регулирования можно определить по схеме задающего генератора, управляемого напряжением.

Простейший задающий генератор может быть выполнен по релейной схеме, изображённой на рисунке 8. В этом случае говорят о релейном принципе работы.

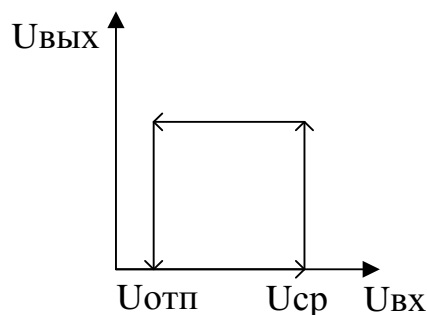


Рисунок 8 – Релейная схема задающего генератора

По типу входного и выходного напряжения различают следующие типы

импульсных стабилизаторов: повышающие, понижающие и инвертирующие стабилизаторы напряжения [2].

Повышающий стабилизатор

На рисунке 9 представлена принципиальная схема повышающего стабилизатора. В данном стабилизаторе ключ устанавливается после дросселя L . Когда ключ замкнут, ток от источника течёт через дроссель L и в нём накапливается энергия. При размыкании ключа ток от источника течёт через дроссель L , диод VD и нагрузку. Напряжения источника и ЭДС самоиндукции дросселя направлены в одну сторону и суммируются на нагрузке. Сила тока убывает и дроссель отдаёт энергию в нагрузку. В течение времени когда ключ находится в закрытом положении, нагрузка питается напряжением конденсатора C . Диод VD нужен для того, чтобы не разрядился конденсатор.

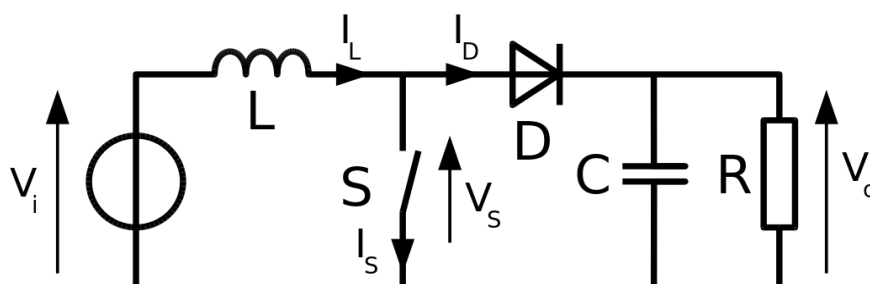


Рисунок 9 – Принципиальная схема повышающего стабилизатора

К особенностям повышающего стабилизатора можно отнести то, что напряжение на нагрузке не может быть меньше напряжения источника, стабилизатор не может работать без нагрузки и весьма тяжелые условия работы выпрямляющего диода.

Понижающий стабилизатор

На рисунке 10 представлена принципиальная схема понижающего стабилизатора. Когда ключ S замкнут ток от источника питания течёт через дроссель L и нагрузку. Направление ЭДС самоиндукции дросселя L противоположно направлению напряжения источника. Напряжение на нагрузке определяется как разность напряжения источника питания и ЭДС самоиндукции дросселя, ток через дроссель L растёт, напряжение на нагрузке и на конденсаторе увеличивается. При размыкании ключа S ток через дроссель со временем спадает, что приводит к уменьшению напряжения на конденсаторе C и на нагрузке.

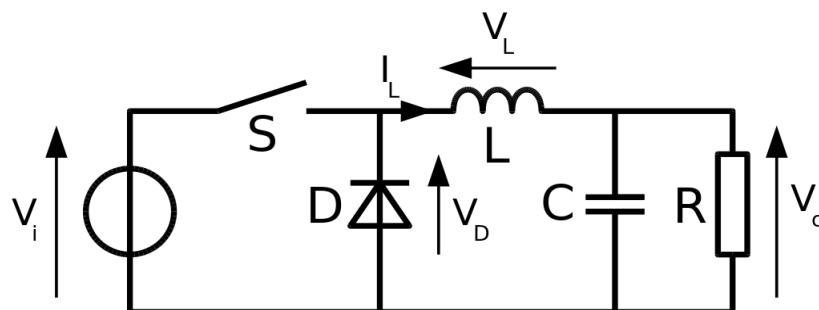


Рисунок 10 – Принципиальная схема понижающего стабилизатора

Так же как и в повышающем стабилизаторе возможны режимы с непрерывным и прерывным током дросселя.

Возможно применение стабилизаторов работающих в смешанном режиме.

Инвертирующий стабилизатор

На рисунке 11 приведена принципиальная схема инвертирующего стабилизатора. Такой тип стабилизатора отличается тем, что дроссель L подключен параллельно нагрузке и источнику питания. Когда ключ S замкнут ток течет через дроссель и его величина увеличивается. Когда ключ S размыкается, ток течёт через нагрузку R и диод VD . В результате чего напряжение на нагрузке и на конденсаторе увеличивается. ЭДС

самоиндукции дросселя приложено обратно напряжению источника питания и напряжению на нагрузке. При замкнутом ключе S , диод VD закрывается, а напряжение на конденсаторе C прикладывается к нагрузке R .

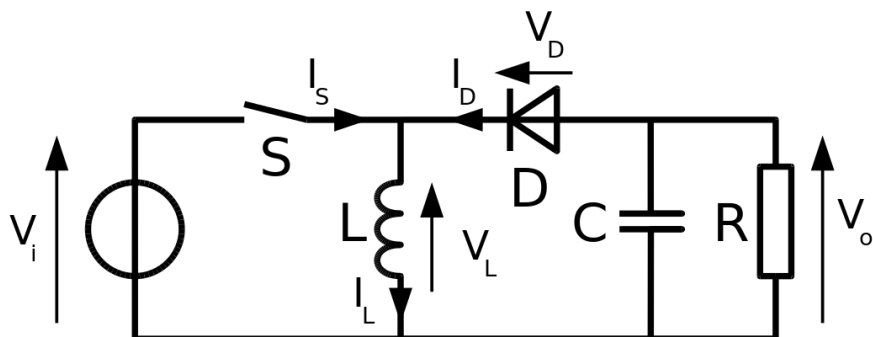


Рисунок 11 – Принципиальная схема инвертирующего стабилизатора

К плюсам инвертирующего стабилизатора можно отнести, что выходное напряжение может быть как меньше, так и больше входного по модулю. Недостатки такого типа стабилизатора это повышенное обратное напряжение, приложенное к диоду, равное сумме входного и выходного напряжения цепи и импульсный характер потребляемого тока [3].

Импульсный стабилизатор напряжения на микросхеме КРЕН142ЕН1

На рисунке 12 приведена электрическая схема импульсного стабилизатора на микросхеме КРЕН142ЕН1. Такой стабилизатор обладает высокими техническими характеристиками. В устройстве имеется интегральное включение микросхемы КРЕН142ЕН1, в результате чего удастся достичь хороших результатов при работе схемы. Схема обеспечивает высокую помехозащищённость и экономичность.

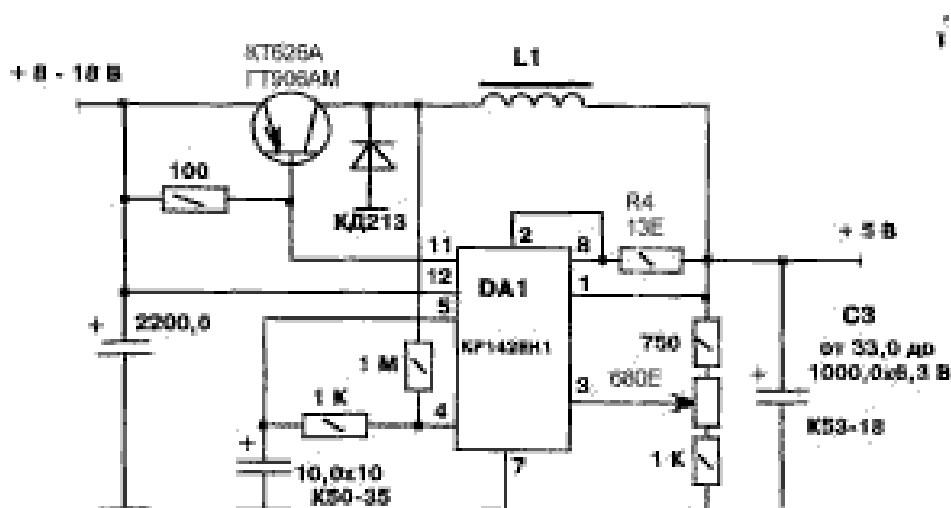


Рисунок 12 – Электрическая схема стабилизатора напряжения на КРЕН142ЕН1

Параллельное соединение транзисторов обеспечивает повышенную нагрузочную способность. Максимальная частота преобразования (35-45 кГц) устанавливается по дросселю L1, при известном токе нагрузке.

Значение сопротивления резистора R4 и емкость конденсатора C3 определяется по току нагрузки. Так при токе нагрузки 400 мА, сопротивление резистора R4 примерно 13 Ом, а емкость конденсатора 220 мкФ. При изготовлении дросселя учитывается величина тока нагрузки. Чем выше ток нагрузки, тем больше типоразмер кольца и индуктивность дросселя. Чем меньше емкость C3, тем выше число витков дросселя. Индуктивность дросселя увеличивается при уменьшении напряжении на входе преобразователя [4].

Импульсный стабилизатор напряжения на трёх транзисторов

На рисунке 13 приведена электрическая схема импульсного стабилизатора с выходным напряжением, меньшим входного. Схема состоит из трёх транзисторов, два из которых VT1 и VT2 образуют ключевой регулирующий элемент, а третий транзистор VT3 применяется в качестве усилителя сигнала рассогласования.

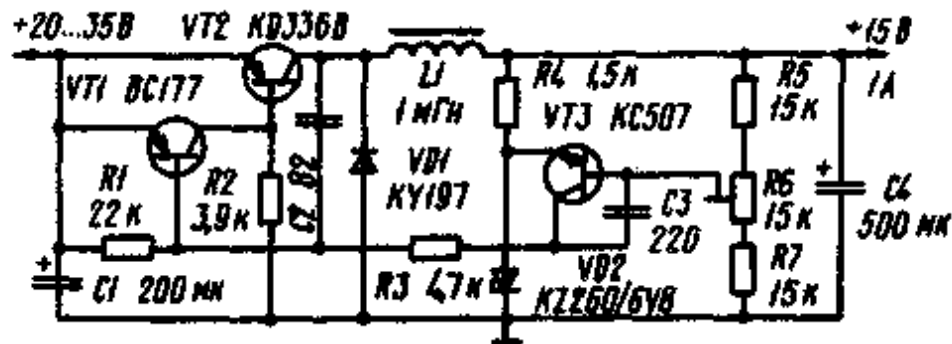


Рисунок 13 – Электрическая схема импульсного стабилизатора напряжения на трёх транзисторов

Схема работает в автоколебательном режиме. Через конденсатор C2 в цепь базы транзистора VT1 поступает положительное обратное напряжение с основного транзистора VT2. Транзистор VT2 периодически открывается от тока насыщения, текущего через резистор R2. Насыщение транзистора наступает при небольшом токе базы, так как он обладает большим коэффициентом передачи тока базы. Такие особенности транзистора допускают применение резистора большого сопротивления, что позволяет увеличить коэффициент передачи регулирующего элемента. При открытом транзисторе VT1 транзистор VT2 закрывается, т.к. напряжение между коллектором и эмиттером в транзисторе VT1 меньше напряжения открывания транзистора VT2.

Каскад, выполненный на транзисторе VT3, применяется в качестве усиления и сравнения сигнала.

Когда транзистор VT2 открыт через дроссель L1 протекает ток большой величины, и он начинает запасать электромагнитную энергию. После закрывания транзистора вся запасенная энергия через диод VD1 отдается в нагрузку. Так же используется LC фильтр из дросселя L1 и конденсатора C4, который применяется для сглаживания пульсаций на выходе схемы. Данная схема обладает большим КПД выше 84% [5].

Импульсный регулируемый стабилизатор напряжения

Схема исследуемого стабилизатора приведена на рисунке 14.

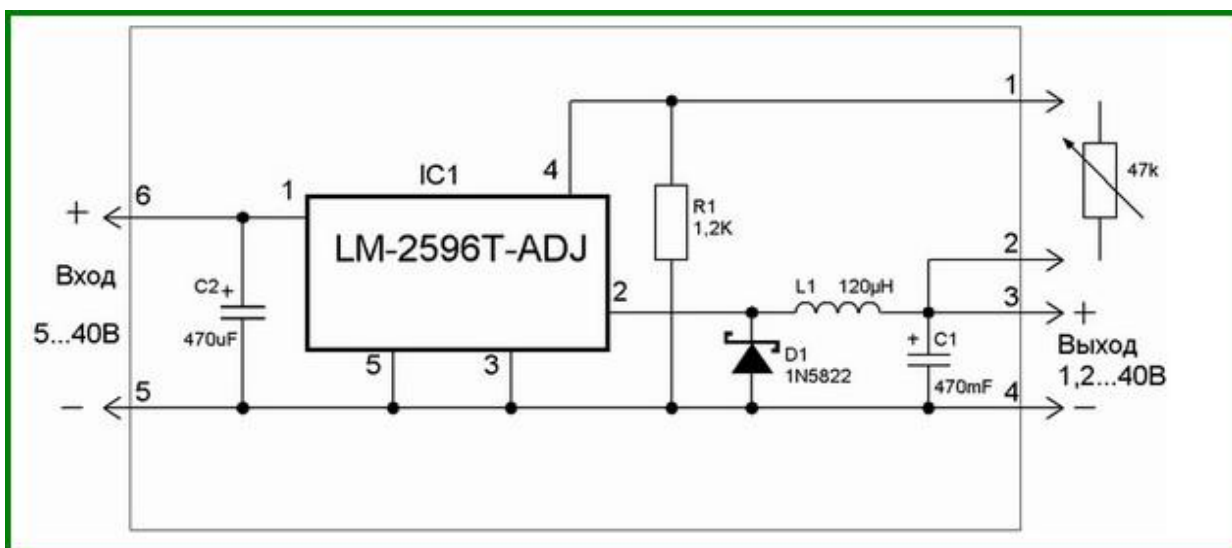


Рисунок 14 – Электрическая схема регулируемого стабилизатора

Данная схема применяется в радиоустройствах, обладающих фиксированным выходным напряжением, в блоках питания с регулируемым выходным напряжением.

Стабилизатор собран на микросхеме LM-2596T-ADJ, которая предназначена для построения импульсных стабилизаторов регулируемого напряжения. В микросхему встроена защита по выходному току, а также схема имеет тепловую защиту от перегрева.

Для получения регулируемого напряжения на выходе, к контактам 1 и 2 надо подключить переменный резистор небольшой длиной проводов подключения. Если необходимо на выходе получить фиксированное напряжение, то вместо переменного резистора устанавливается постоянный резистор.

КПД стабилизатора составляет примерно 65-75%. При небольших токах нагрузки радиатор ставить необязательно.

Схема может работать в режиме стабилизации выходного тока, что позволяет применить её для заряда аккумуляторов, питания мощных светодиодов, для общего питания и т.д [6].

Понижающий импульсный стабилизатор напряжения на микросхеме LM20124

Схема стабилизатора представлена на рисунке 15.

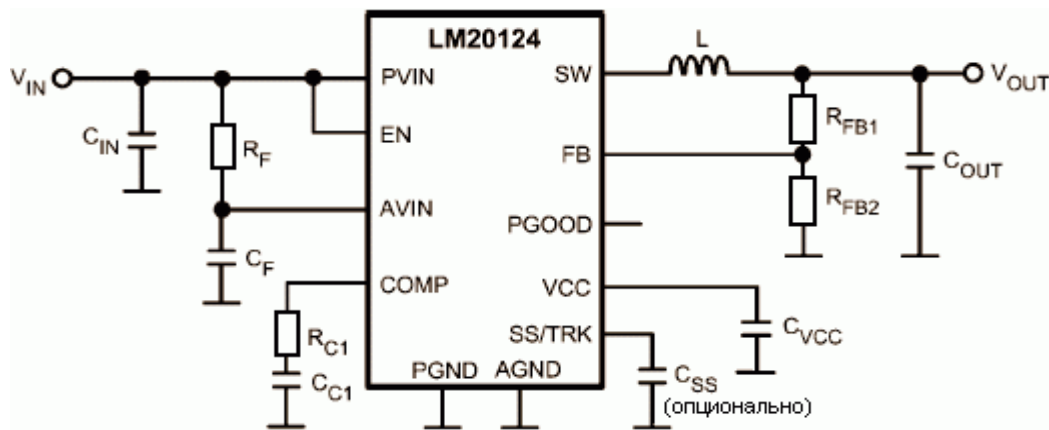


Рисунок 15 – Электрическая схема понижающего импульсного стабилизатора напряжения на микросхеме LM20124

Данный понижающий импульсный стабилизатор напряжения выполнен с использованием микросхемы LM20124. Частота преобразования составляет примерно 1 МГц, с встроенным выпрямлением и нагрузочной способностью до 4 А. Стабилизатор выполнен таким образом, что может работать при входном напряжении от 3 до 5 В, что позволяет использовать его в различных низковольтных системах.

Особенности:

- Прецизионный порог по току, что позволяет минимизировать размеры индуктивности;
- КПД до 95% на частоте преобразования 1 МГц;
- Наличие встроенных ключей с сопротивлением канала 40 мОм;
- Возможность запуска при предварительно-смещенной нагрузке;
- Функция управления выходным напряжением с отслеживанием внешнего сигнала;
- Управление стабилизацией по пиковому току;
- Выходное напряжения от 0,8 В;
- Функция плавного старта;
- Вход разрешения работы с прецизионным порогом срабатывания и гистерезисом;

- Встроенная защита от перенапряжения;
- Блокировка при снижении напряжения;
- Сигнализация корректности уровня выходного напряжения и защита от перегрева.

Стабилизатор используется в световом оборудовании и в высокопроизводительных микропроцессорах [7].

Импульсные стабилизаторы на микросхеме NCP3063

Серия NCP3063 является обновлённым вариантом микросхем MC34063A и MC33063A монолитных преобразователей DC-DC. Структура микросхемы: сравнивающее устройство – компаратор, генератор с активным ограничением тока цепи, управляющий блок и выходной контролируемый переключатель.

Особенности:

- Максимальное входное напряжение 40 В;
- Низкий ток в режиме ожидания;
- Максимальный выходной ток 1,5 А;
- Регулируемое выходное напряжение;
- Рабочая частота 150 кГц;
- Точность работы 1,5 %;
- Внутреннее термовыключение с гистерезисом.

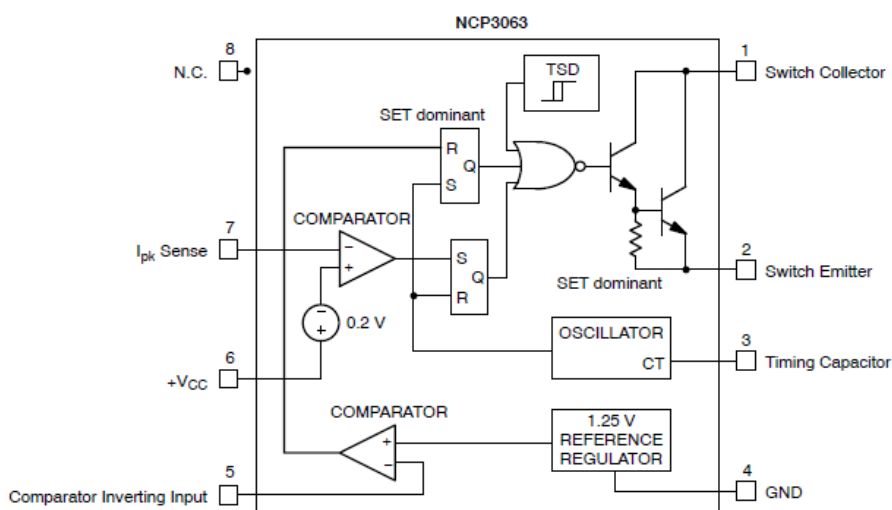


Рисунок 16 – Блок- схема подключения NCP3063

Микросхема NCP3063 представляет собой монолитный импульсный регулятор мощности, оптимизированный для постоянного тока в преобразователях постоянного тока. Сочетание его функций позволяет разработчику системы собирать повышающие, понижающие и инвертирующие преобразователи напряжения с минимальным числом внешних компонентов. Используются в высокочувствительных аппаратах и в оборудовании для промышленного производства. Потенциальные области применения включают высокочувствительные потребительские товары, а также оборудование для промышленных рынков. Блок-схема NCP3063 показана на рисунке 16.

Микросхема работает следующим образом. NCP3063 является преобразователем постоянного тока, который использует генератор для регулирования выходного напряжения. Этот режим работы не требует дополнительных элементов для стабильности работы стабилизатора. Рабочие осциллограммы показаны на рисунке 17.

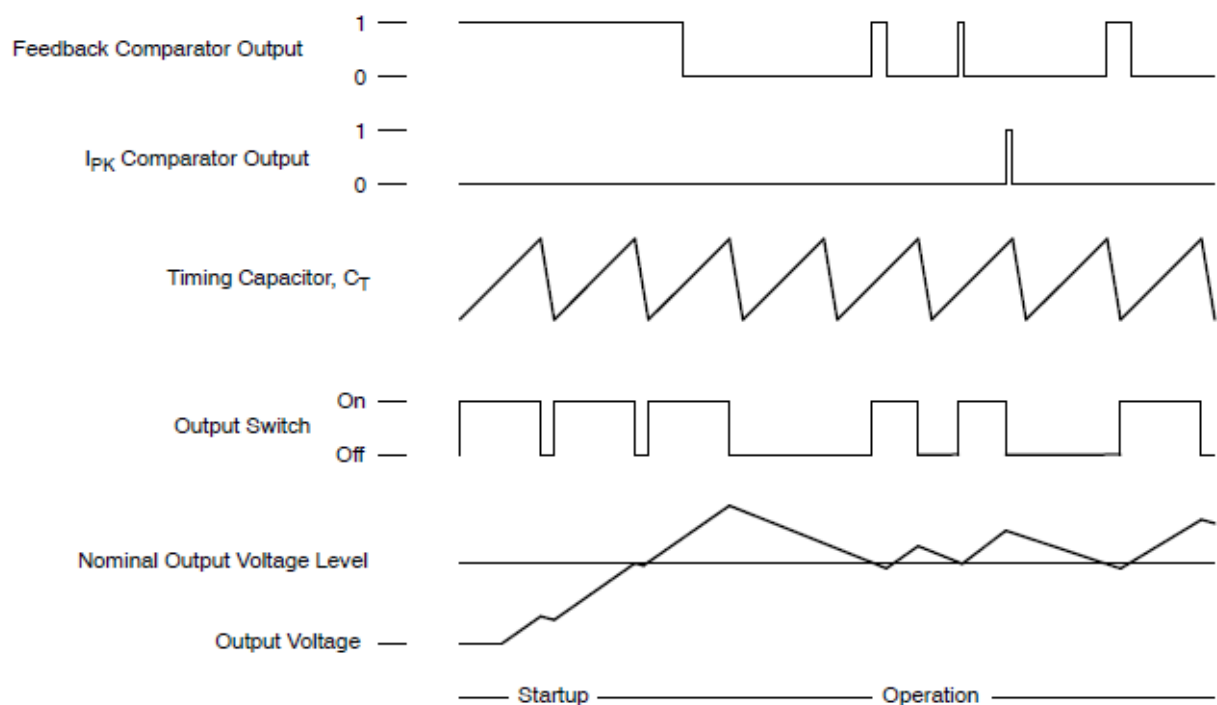


Рисунок 17 – Осциллограммы работы NCP3063

Форма волны выходного напряжения показана для понижающего преобразователя с пульсацией. При первоначальном запуске преобразователя, обратный компаратор связи определяет, что уровень выходного напряжения ниже номинального значения. Это приводит к тому, что выходной выключатель включается и выключается на определённой частоте и скважности импульсов, и управляется генератором. Таким образом, заряжается выходной конденсатор фильтра. Когда уровень выходного напряжения достигает номинального, выходной переключатель блокирует цикл включения. Следующий цикл наступает, когда напряжение на выходе станет ниже номинального.

На рисунке 18 собрана схема понижающего стабилизатора.

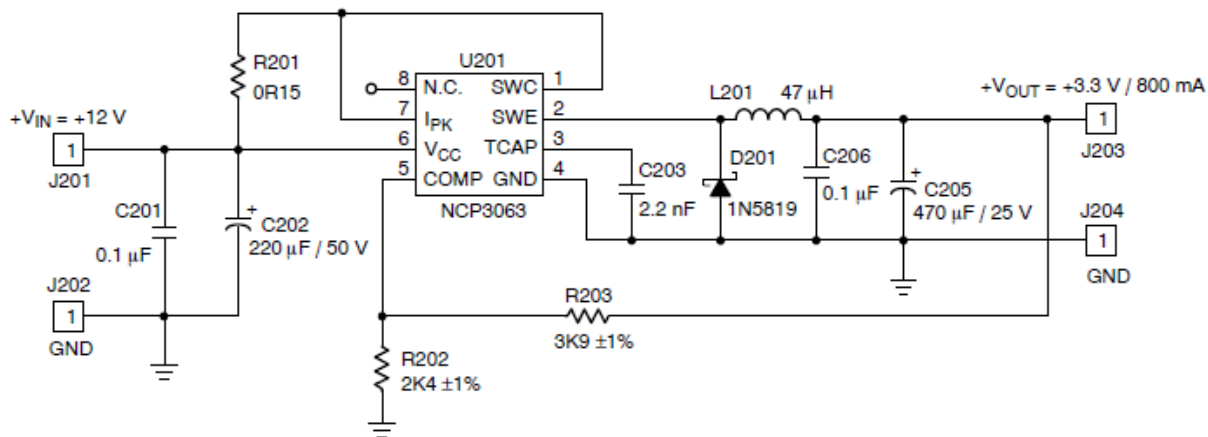


Рисунок 18 – Схема понижающего стабилизатора

Когда ключ микросхемы замкнут, ток от источника питания течёт через дроссель L201 и заряжает конденсатор C205. Направление ЭДС самоиндукции дросселя противоположно направлению напряжения источника. Ток через дроссель растёт, напряжение на конденсаторе увеличивается. При размыкании ключа ток течёт через диод Шоттки D201, дроссель L201 и со временем спадает, что приводит к уменьшению напряжения на конденсаторе. Далее цикл повторяется. КПД составляет 70-80% из-за маленького тока нагрузки и рассеиваемой мощности.

Электрическая схема понижающего импульсного стабилизатора с внешним р-канальным МОП транзистором показана на рисунке 19.

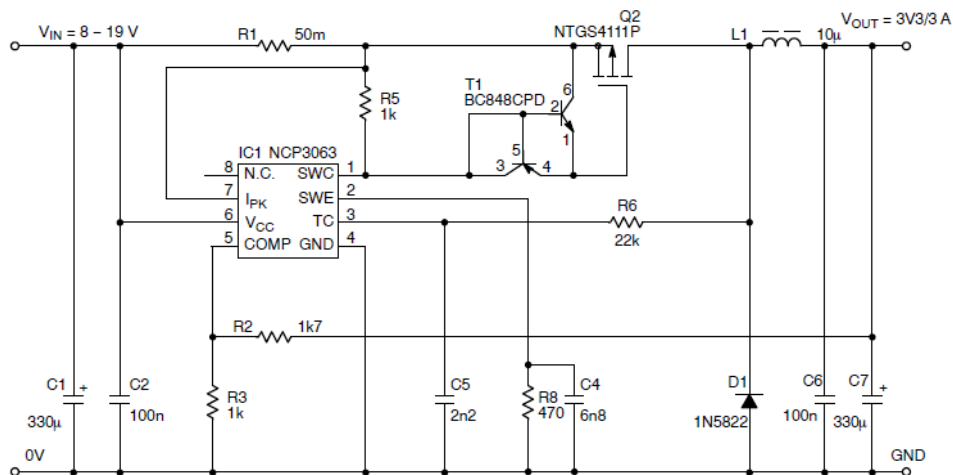


Рисунок 19 – Электрическая схема импульсного стабилизатора с внешним р-каналом

Резистор R6 соединён между контактами микросхемы NCP3063 (TC и SWE), он обеспечивает обратную связь. Такая конструкция позволяет

использовать данную схему в источниках подачи входного напряжения 12 В. Рекомендуемое сопротивление резистора 10-70 кОм. Обратный резистор R6 увеличивает рабочую частоту примерно на 20%. Он также создаёт периодическое переключение сигналов с определённой частотой, что приводит к снижению пульсаций напряжения на выходе и увеличению эффективности работы стабилизатора. Значение резистора выбирают по значениям ёмкости конденсатора и величины тока разряда. Если подобрать неподходящий резистор, это может привести к ошибкам в работе стабилизатора. Максимальное напряжение на выходе не превышает 1,4 В. КПД стабилизатора составляет 70-80%.

Наличие внешнего транзистора позволяет увеличить выходной ток.

Ещё одним преимуществом использования внешнего транзистора высокая рабочая частота, которая может достигать до 250 кГц. Можно использовать меньший размер компонентов, такие как катушки индуктивности и конденсаторы

Электрическая схема понижающего стабилизатора напряжения с сглаживающим RC фильтром и с импульсной обратной связью показана на рисунке 20.

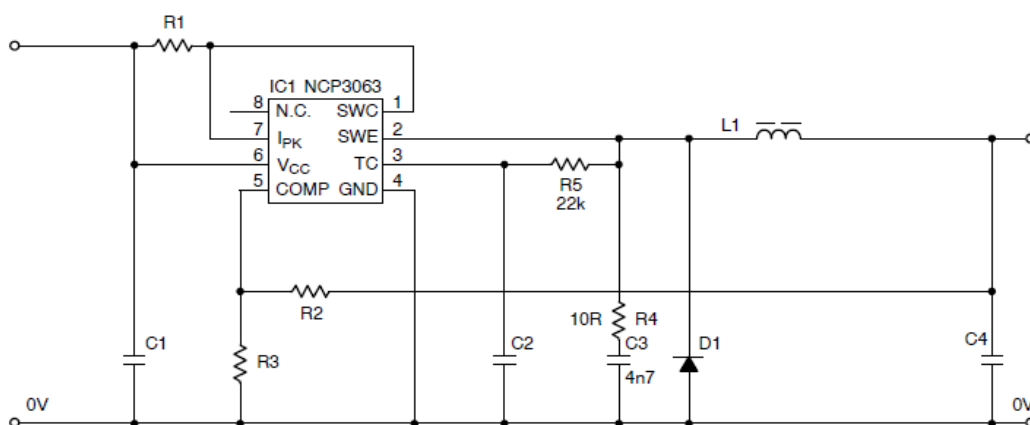


Рисунок 20 – Электрическая схема стабилизатора с RC-фильтром

При наличии колебаний на выходе стабилизатора, за счёт применения демпфирующей RC цепочки на выводе 2 (SWE) микросхемы, сводится к минимуму колебания. Ёмкость конденсатора C3 подбирают между 2,2 нФ и

6,8 нФ, а сопротивление резистора R4 может быть в пределах 10-30 Ом. КПД стабилизатора достигает 90-95% [8].

Стабилизатор на микросхеме MC34063A

На рисунке 21 изображена схема стабилизатора

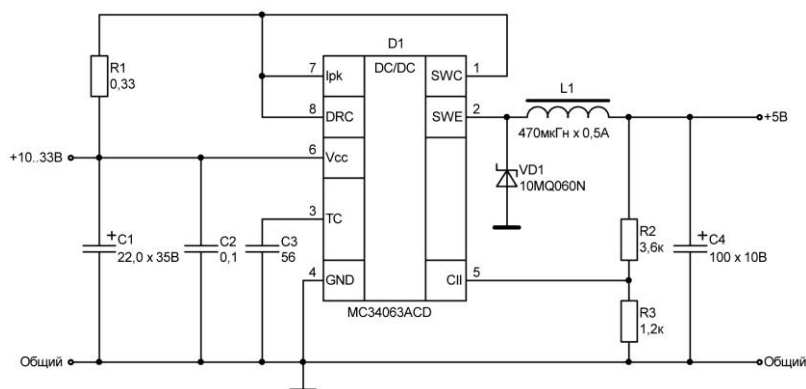


Рисунок 21 – Электрическая схема стабилизатора

Стабилизатор выполнен на микросхеме MC34063A. Применяется для питания макетов микроконтроллерных устройств со светодиодной индикацией. Ток нагрузки не превышает 0,5А. Недостатком такого стабилизатора является то, что при таком токе возможен перегрев микросхемы и дросселя L1, однако, такая особенность не мешает стабильной работе стабилизатора и длительное время находится в составе зарядного устройства [9].

Импульсный стабилизатор напряжения с высоким КПД

Стабилизатор с выходным напряжением меньшим входного можно собрать на трёх транзисторов (см. рисунок 22). Транзисторы VT1 и VT2 образуют ключевой элемент, а транзистор VT3 является сигналом рассогласования.

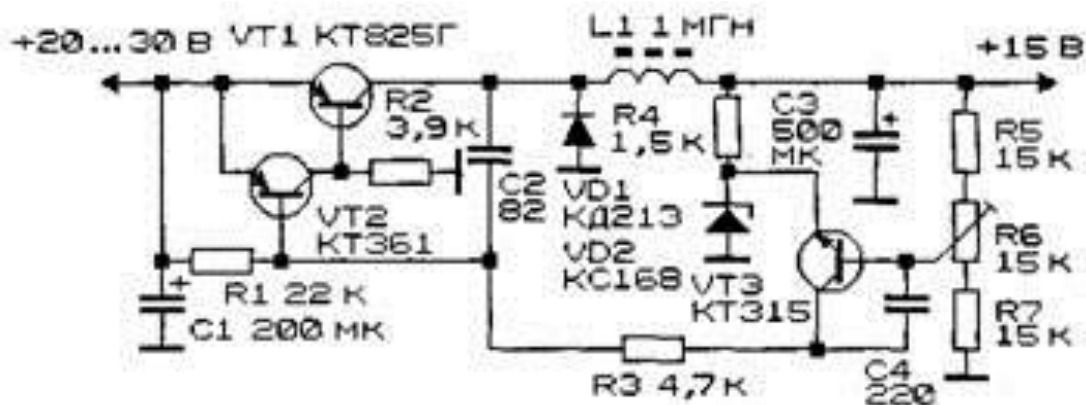


Рисунок 22 – Импульсный стабилизатор напряжения с КПД 84%

Прибор работает в автоколебательном режиме. Напряжение обратной связи через конденсатор C2 поступает на базу транзистора VT2.

База сравнивающего транзистора VT3 подключена к делителю напряжения из двух резисторов R6 и R7, а эмиттер подключен к источнику опорного напряжения, выполненного из стабилитрона VD2.

Как известно в импульсных стабилизаторах регулирующий элемент работает в ключевом режиме, и выходное напряжение регулируется изменением скважности работы транзисторного ключа. Транзистор VT1 включается и отключается, при подаче сигнала от транзистора VT3, управляющем транзистором VT2. Когда транзистор VT1 открыт ток течет через дроссель L1 и в дросселе по мере увеличения тока нагрузки начинает накапливаться электромагнитная энергия. После транзистор закрывается, и вся запасенная энергия через диод VD1 отдаётся в нагрузку. Пульсации выходного напряжения сглаживаются индуктивно-ёмкостным фильтром L1, C3.

Быстродействие стабилизатора определяется свойствами диода VD1 и транзистора VT1. При входном напряжении 24В, выходном – 15В и токе нагрузки 1А КПД стабилизатора равно 84%.

Схема импульсного стабилизатора на рисунке 23 имеет две катушки индуктивности L1 и L2. Число витков и типоразмер сердечника подбирают так, чтобы добиться максимально-возможного значения сглаженности

ВЫХОДНЫХ ИМПУЛЬСОВ.

Для налаживания стабилизатора подбирают нагрузку сопротивлением 70м. Номинальное выходное напряжение устанавливается путём подбора резистора R7. По мере увеличения тока нагрузки выбирают ёмкость конденсатора C4, устанавливают частоту генерации 20 кГц при котором выбросы напряжения на конденсаторе C3 будут минимальными.

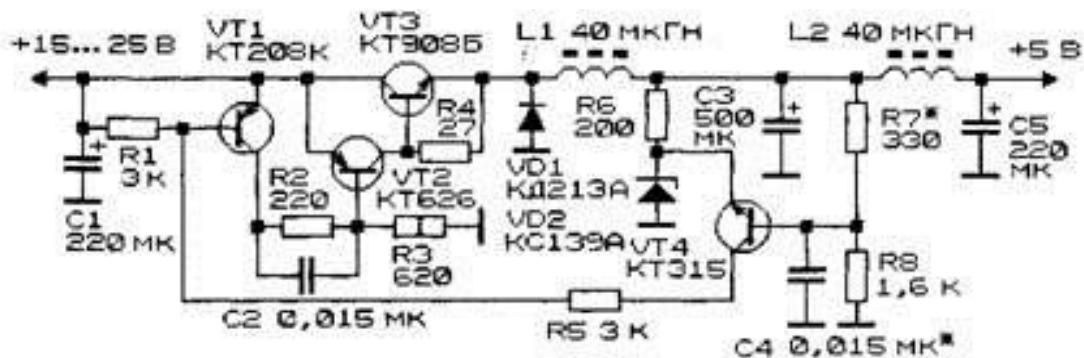


Рисунок 23 – Схема простого ключевого стабилизатора напряжения с КПД 60%

Выходное напряжение можно увеличить до 10В, увеличив сопротивление резистора R7 и частоту. При этом мощность рассеивания на транзисторе VT3 также увеличится.

Основные технические характеристики:

- Максимальное входное напряжение 25 В и выходное 5 В;
- Ток нагрузки 4А;
- Пульсации выходного напряжения при токе 4А не превышают 50 мВ;
- Минимальное КПД 60%.
- Рабочая частота при входном напряжении 20 В и токе 3 А равняется 20 кГц.

В сравнении с предыдущим стабилизатором (см. рисунок 23) в новом типе стабилизатора А.А. Миронова (см. рисунок 24) усовершенствованны и улучшены такие параметры, как КПД, стабильность выходного напряжения, длительность переходного процесса при воздействии импульсной нагрузки.

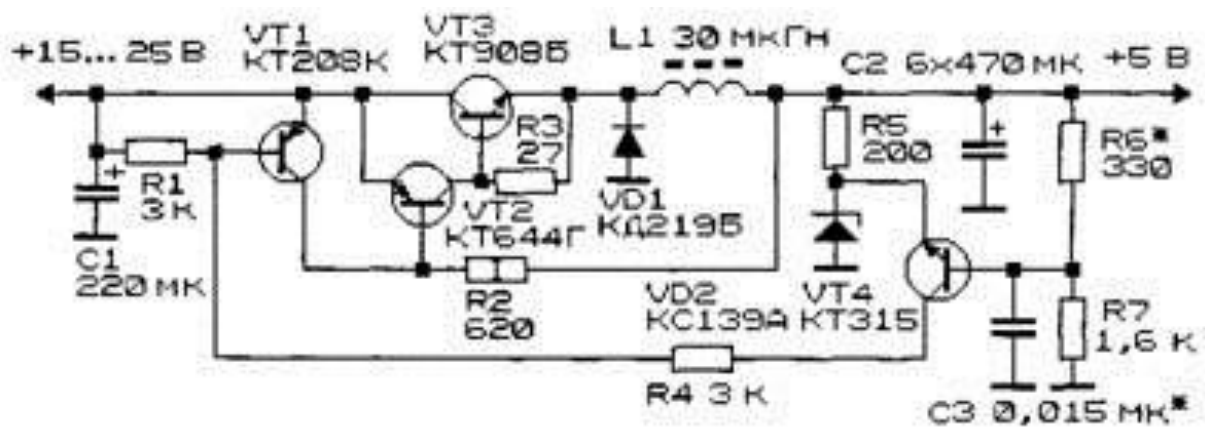


Рисунок 24 – Схема импульсного стабилизатора напряжения А.А. Миронова

Важным недостатком стабилизатора на рисунке 23 является наличие сквозного тока, который возникает в тот момент, когда ключевой транзистор открывается, а диод не успевает закрыться. Такой ток вызывает дополнительные потери транзистора и диода, а также КПД стабилизатора становится существенно ниже.

Еще одним недостатком это высокие пульсации выходного напряжения при максимальном токе нагрузки. Чтобы снизить амплитуду пульсаций стабилизатора (см. рисунок 23) устанавливался LC фильтр. Уменьшить нестабильность выходного напряжения от изменения тока нагрузки можно, если уменьшить активное сопротивление дросселя L2. Уменьшение индуктивности дросселя способствует улучшению динамики переходного процесса, однако, это может привести к увеличению пульсаций на выходе схемы.

От этой проблемы можно избавиться, если убрать LC фильтр, а емкость конденсатора увеличить в 5-10 раз, путём параллельного соединения нескольких конденсаторов.

Цепь R2, C2 не изменяет длительность переходного тока поэтому от неё можно избавиться. Сопротивление резистора R3 увеличить, при этом ток нагрузки и рассеиваемая мощность увеличится. Подключением нижнего резистора R2 (см. рисунок 24) от этого эффекта можно избавиться, уменьшив сопротивление R2 [10].

Импульсный стабилизатор напряжения с применением двух транзисторов и интегрального стабилизатора

Конструкцию импульсного стабилизатора напряжения можно выполнить с применением двух мощных транзисторов и интегрального стабилизатора, как это показано на рисунке 25.

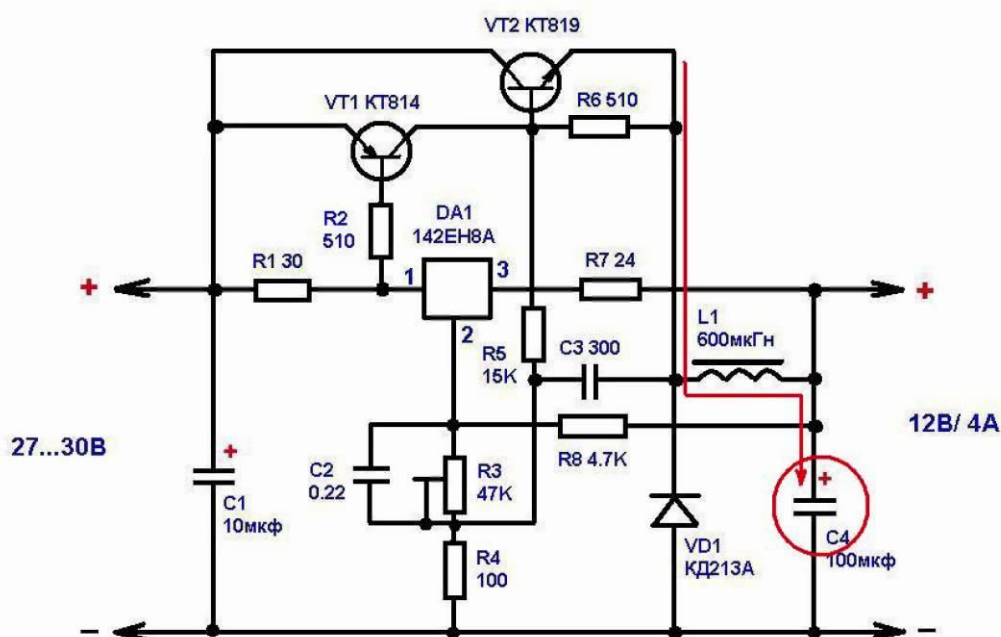


Рисунок 25 – Схема импульсного стабилизатора

Схема работает следующим образом. В начальный момент при подключении питания конденсатор $C4$ разряжен, микросхема $DA1$ открывается, падение напряжения на резисторе $R1$ открывает транзистор $VT1$. Транзистор $VT1$ входит в режим насыщения, т.к. индуктивное сопротивление дросселя $L1$ в момент включения велико. Ток, проходящий через катушку со временем увеличивается и заряжает конденсатор $C4$. Далее напряжение между выводами микросхемы «2» и «3» увеличивается и оно достигает выходного напряжения стабилизатора. Повышение напряжения на $C4$ вызывает запирацию микросхемы и транзистора, и вся энергия дросселя переходит в нагрузку. Далее напряжение на конденсаторе уменьшается до значения, при котором напряжение между выводами микросхемы «2» и «3» становится меньше входного, транзистор и микросхема открываются, и цикл

работы стабилизатора повторяется заново. Подбор величины выходного напряжения осуществляется подбором резистора R3 [11].

Импульсный стабилизатор напряжения SCV0031

Импульсный стабилизатор напряжения SCV0031-3,3V-0,6A (см. рисунок 26), применяют в радиотехнических установках с фиксированным выходным напряжением.

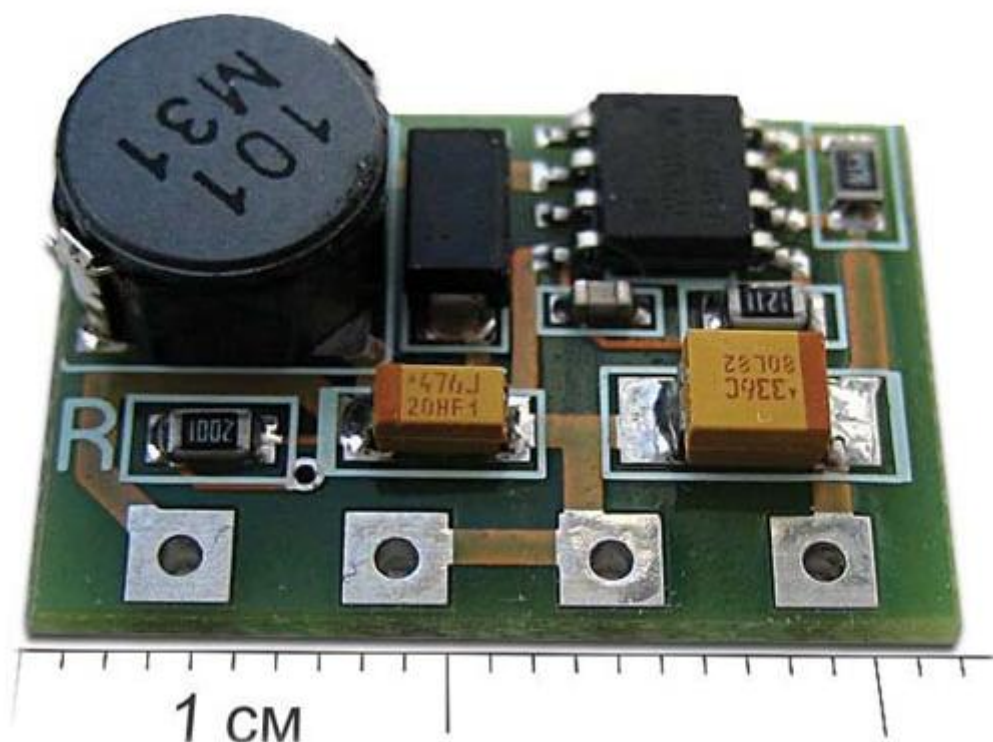


Рисунок 26 – Импульсный стабилизатор напряжения SCV0031

Стабилизатор имеет большой КПД. В отличие от линейных стабилизаторов и не нуждается в теплоотводе. Наличие танталовых конденсаторов обеспечивает долгую и бесперебойную работу стабилизатора [12].

Импульсный стабилизатор на понижающем преобразователе XRP7665

Микросхема XRP7665 на рисунке 27 это синхронный преобразователь, включающий ШИМ – моделирование с токовым режимом управления. Он способен обеспечить большой ток нагрузки до 3А в диапазоне напряжений от

4 до 20В. Преобразователь питается от однополярного источника питания 5В и 12 В.

При постоянной частоте 340 Гц и наличии встроенных МОСЕТ транзисторов использование XRP7665 обеспечивает небольшой размер готового устройства. Токковый режим управления снижает коэффициент пульсации, плавное увеличение тока при старте, броски пускового тока в этом режиме минимальны, а в режиме ожидания ток потребления равен 0,1 мкА.

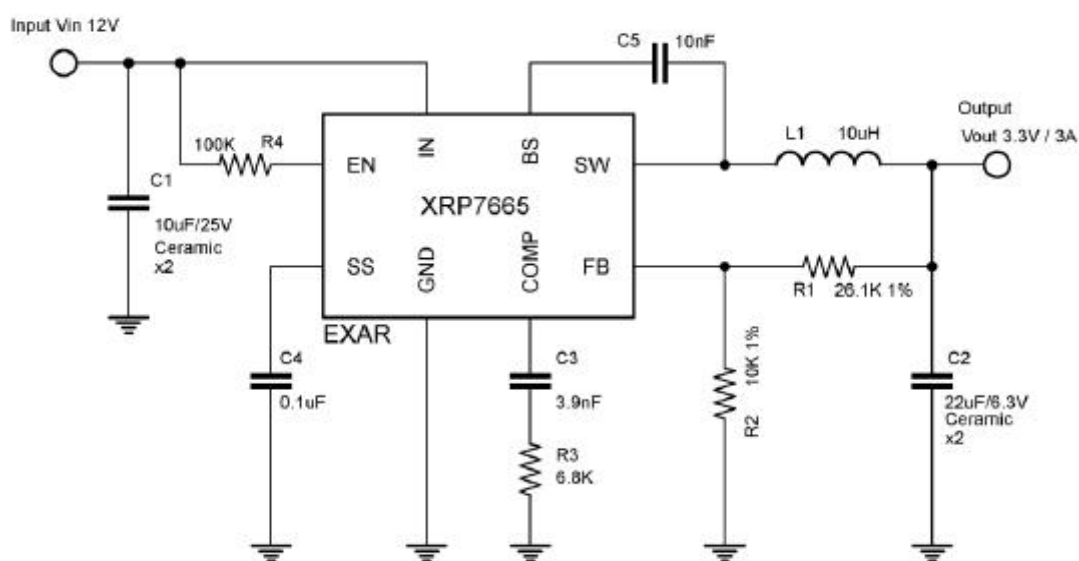


Рисунок 27 – Типовая схема включения XRP7665

Особенности:

- Номинальный выходной ток 3А;
- Изменение выходного напряжения от 4 до 18 В;
- Высокий КПД до 93%.

Применение:

- В медицинском и в промышленном оборудовании;
- Как устройства преобразующие нагрузку;
- В телевизорах, в радиоустройствах и в другом аудио-видео оборудовании [13].

Импульсные стабилизаторы на микросхеме LM78S40

LM78S40 универсальный импульсный стабилизатор, представляет собой монолитную подсистему регулятора, состоящую из всех активных управляющих блоков, необходимых для систем коммутации регулятора. Устройство состоит из температурной компенсации опорного напряжения, контролируемого генератора с активным пределом тока цепи, усилителя ошибки, цепи ограничения тока, выходного реле высокого напряжения, диода питания и операционного усилителя. Устройством могут управлять внешние NPN или PNP транзисторы, когда токи свыше 1,5А или когда напряжение превышает 40 В. Устройство может быть использовано для сборки понижающих, повышающий или инвертирующих стабилизаторов, а также для линейных регуляторов. Стабилизатор имеет широкий диапазон напряжения питания, низкое рассеивание мощности, высокую эффективность и низкий дрейф сигнала. Эти качества позволяют использовать стабилизатор в автономных и коммутационных системах, а также в системах, работающих от аккумуляторов.

Особенности:

- Увеличение, уменьшение или инвертирование переключение генераторов;
- Выходное напряжение регулируется от 1,25 В до 40 В;
- Сохранение работоспособности при пиковых токах до 1,5 А без применения внешних транзисторов;
- Входное напряжение от 2,5 В до 40 В
- Низкий потребляемый ток в режиме ожидания
- Уровень шума не выше 80 дБ и регулирование нагрузки;
- Высокий коэффициент усиления по току;
- Широтно-импульсная модуляция без двойных пульсаций.

На рисунке 28 изображена блок-схема подключения LM78S40

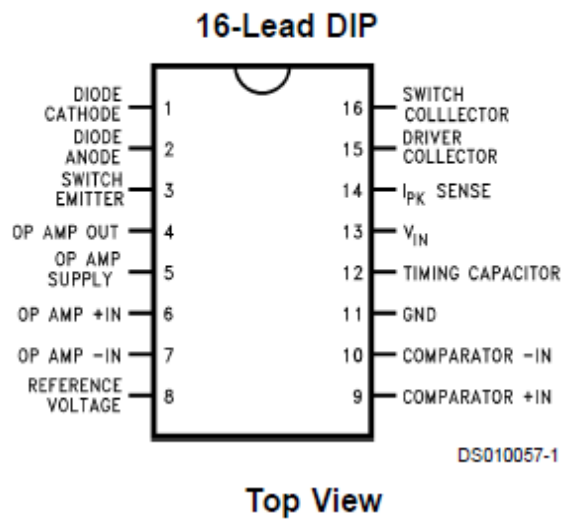
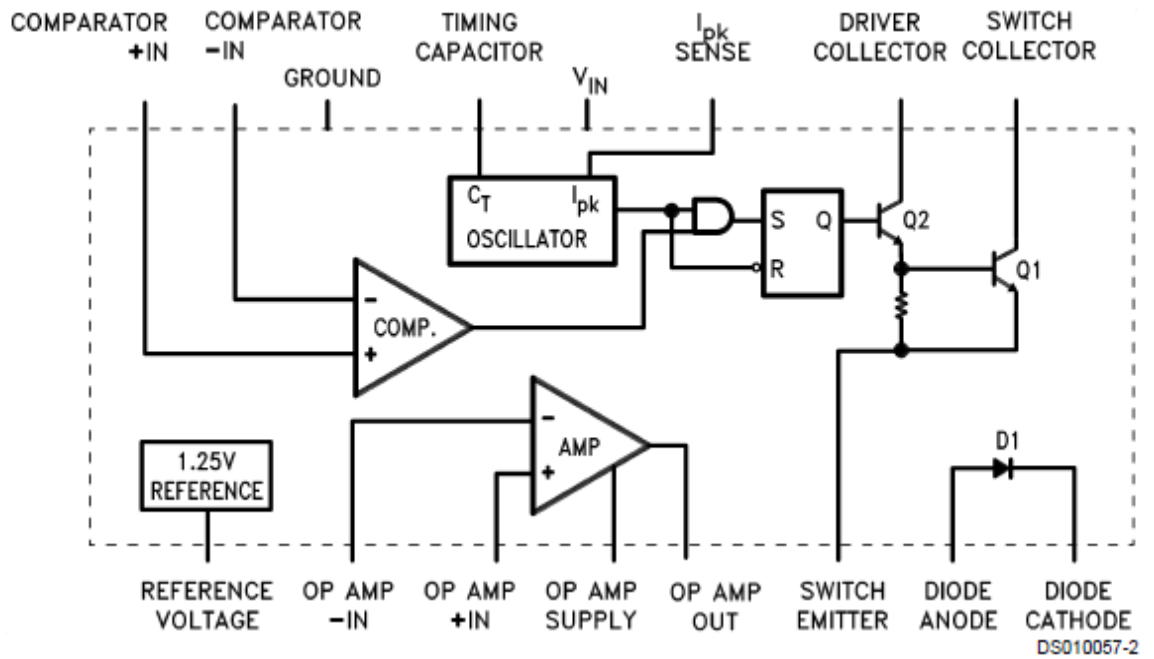
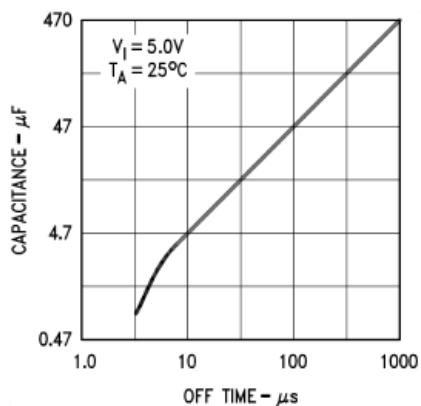


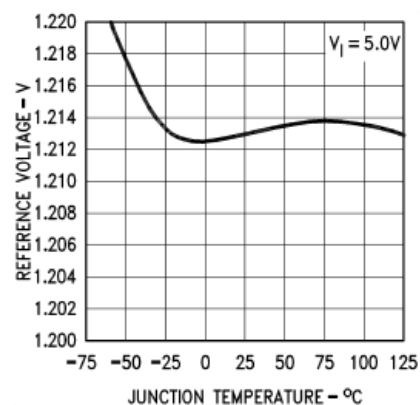
Рисунок 28 – Блок-схема подключения LM78S40

На рисунке 29 изображены базовые характеристики производительности стабилизатора

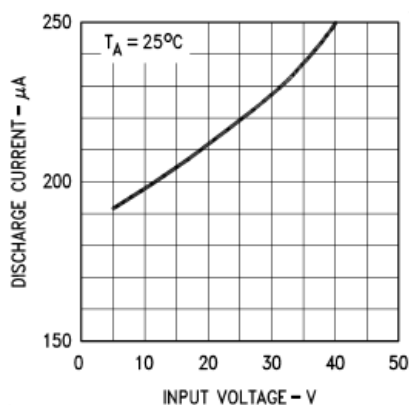
C_T vs OFF Time



Reference Voltage vs Junction Temperature



Discharge Current vs Input Voltage



Current Limit Sense Voltage vs Input Voltage

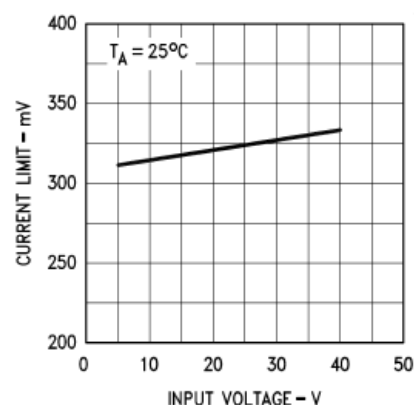


Рисунок 29 – Базовые характеристики производительности LM78S40

Функциональное описание

Стабилизатор LM78S40 работает переменной частотой, заданной цикличностью. Начальная частота переключения задаётся временным конденсатором. (Частота генератора устанавливается одним внешним конденсатором и может изменяться в диапазоне от 100 Гц до 100 кГц). Начальный цикл составляет 6:1. Переключение частоты и скважности могут быть изменены с помощью двух устройств ограничения тока ($I_{pk.sense}$) и компаратором.

Компаратор изменяет время выключения стабилизатора. Когда величина выходного напряжения среднее, выход компаратора находится в состоянии высокого уровня и не оказывает влияния на работу схемы. Если выходное

напряжение слишком велико, то на выходе компаратора устанавливается низкий уровень. В низком состоянии компаратор подавляет включение выходных транзисторов. Когда положение компаратора в низком уровне система находится в выключенном состоянии. При увеличении выходного тока время выключения уменьшается. Поскольку выходной ток приближается к максимуму, то время выключения приближается к минимальному значению. Компаратор может генерировать несколько циклов включения, один или несколько включений за цикл работы. После начала первого цикла компаратор не может генерировать следующие до завершения предыдущего.

Ограничение тока изменяет время включения. Ограничение тока активируется при величине напряжения 300 мВ между выводами 13 (VCC) и выводом 14 (I_{pk}). Эта величина напряжения достигается при пиковых токах через систему предотвращения опрокидывания (RSC). Когда ток превысит тока пика, срабатывает ограничитель и сбрасывается цикл синхронизации.

Частота коммутации возрастает с увеличением тока нагрузки.

Использование внутреннего источника опорного напряжения, диода и переключателя

Внутренний источник опорного напряжения 1,245 В (pin 8) должен быть обойдён, с ёмкостью 0,1 pF напрямую подключаться к контакту (pin 11) LM78S40, чтобы обеспечить его стабильность.

U_{FD} это прямое падение напряжение на внутреннем диоде питания. Он включён при напряжении 1,25 В, максимум 1,5 В. Если используется внешний диод, то его напряжение используется для частотного регулирования привода.

U_{SAT} напряжение на коммутирующем элементе (выходные транзисторы Q1 и Q2), когда переключатель замкнут или включен. Это указано на листе данных как выходное напряжение насыщения. «Насыщение Выходное напряжение 1» определяется как напряжение переключающего элемента для Q2 и Q1 в конфигурации Дарлингтона коллекторы связаны между собой. Это

относится к рисунку 30, понижающий режим.

«Выходное напряжение насыщения 2» это напряжение переключения элементов Q1 только при использовании в качестве транзисторного ключа. Это относится к рисунку 31, повышающий режим.

Для инвертирующего режима на рисунке 31, следует использовать напряжение насыщения внешнего транзистора U_{SAT} .

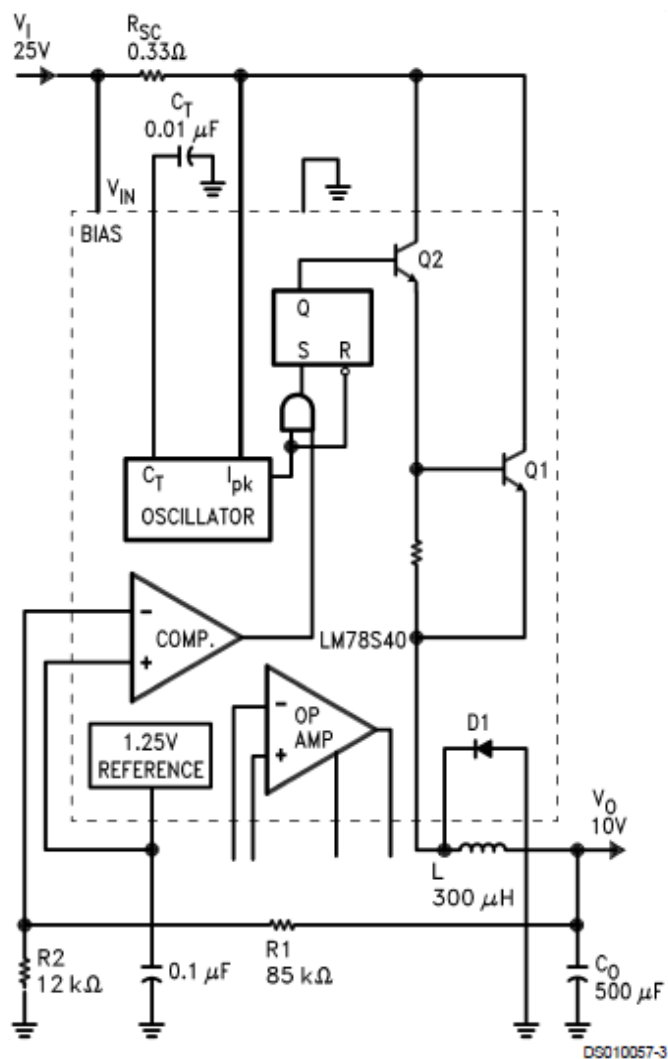


Рисунок 30 – Схема понижающего импульсного стабилизатора

Особенности понижающего стабилизатора:

- Выходное напряжение 10 В при токе $I_0 = 200$ мА;
- Выходное напряжение регулируется от 20 В до 30 В;
- Ток нагрузки регулируется от 5 мА до 300 мА;
- КПД 74%.

При $I_0 > 200$ мА используется внешний диод для ограничения на микросхеме рассеиваемой мощности.

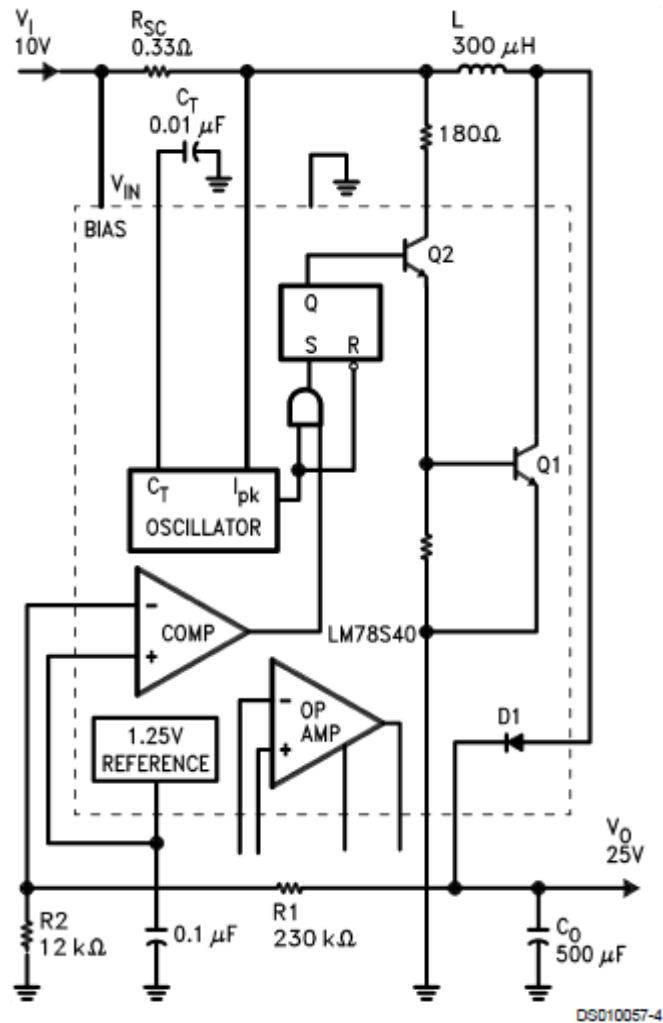


Рисунок 31 – Схема понижающего импульсного стабилизатора

Особенности повышающего стабилизатора:

- Выходное напряжение 25 В при токе $I_0 = 50$ мА;
- Выходное напряжение регулируется от 5 В до 15 В;
- Ток нагрузки регулируется от 5 мА до 100 мА;
- КПД 79%.

На рисунке 32 изображена схема инвертирующего импульсного стабилизатора.

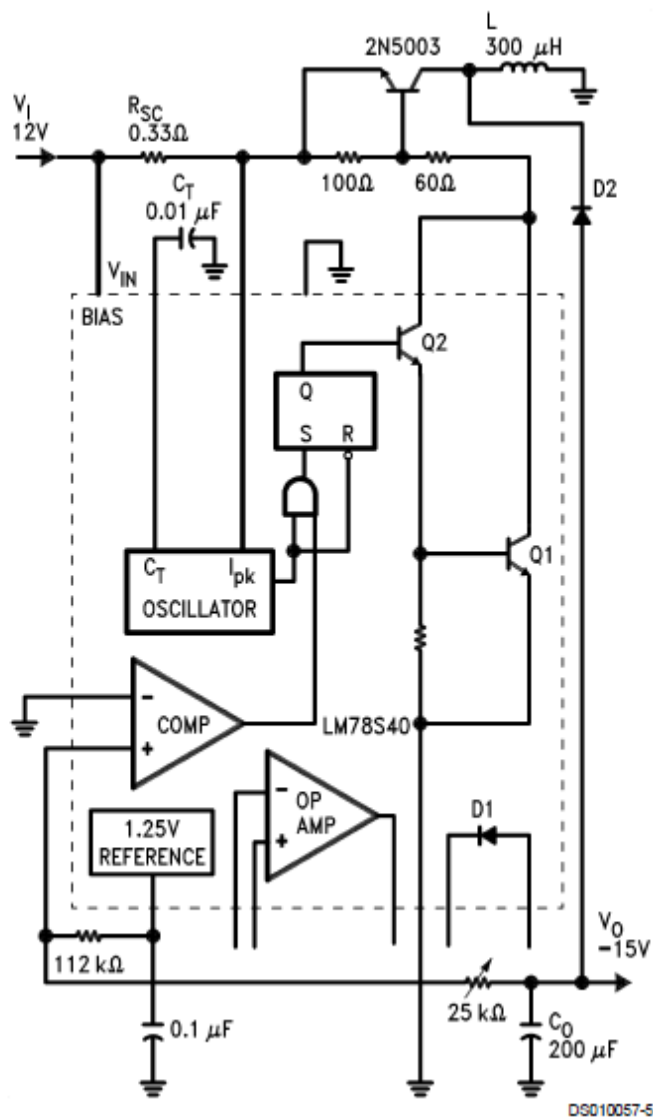


Рисунок 32 – Схема инвертирующего импульсного стабилизатора

Особенности инвертирующего стабилизатора:

- Выходное напряжение -15 В при токе $I_0 = 100$ мА;
- Выходное напряжение регулируется от 8 В до 18 В;
- Ток нагрузки регулируется от 5 мА до 150 мА;
- КПД 70% [14].

Понижающий импульсный стабилизатор на микросхеме LT1074

Микросхема LT1074 на ток 5А это монолитный биполярный импульсный стабилизатор, который требует небольшое количество элементов для эксплуатации (см. рисунок 33). Выключатель питания, генератор, схема управления и все компоненты включены в интегральную схему. Схема

является классическим стабилизатором понижающего типа, но внедрение новых решений позволяет преобразовать режим работы стабилизатора в повышающий или в инвертирующий. Напряжение на входе стабилизатора может достигать 40 В при выходном токе нагрузки 10 А.

LT1074 использует аналоговый умножитель в цепи обратной связи. Это позволяет устройству реагировать практически мгновенно к колебаниям входного напряжения и усиление цепи не зависит от входного напряжения. В результате получается стабилизатор с высокими динамическими свойствами.

В инвертирующем режиме диапазон входного напряжения варьируется от 10 В до 40 В, а выходное напряжение равняется 5 В.

Частота работы LT1074 в модификации LowCost TO-220 или DD соответствует 100 кГц при токе ограничения 6.5А (LT1076 = 2,6А).

КПД стабилизатора 85%

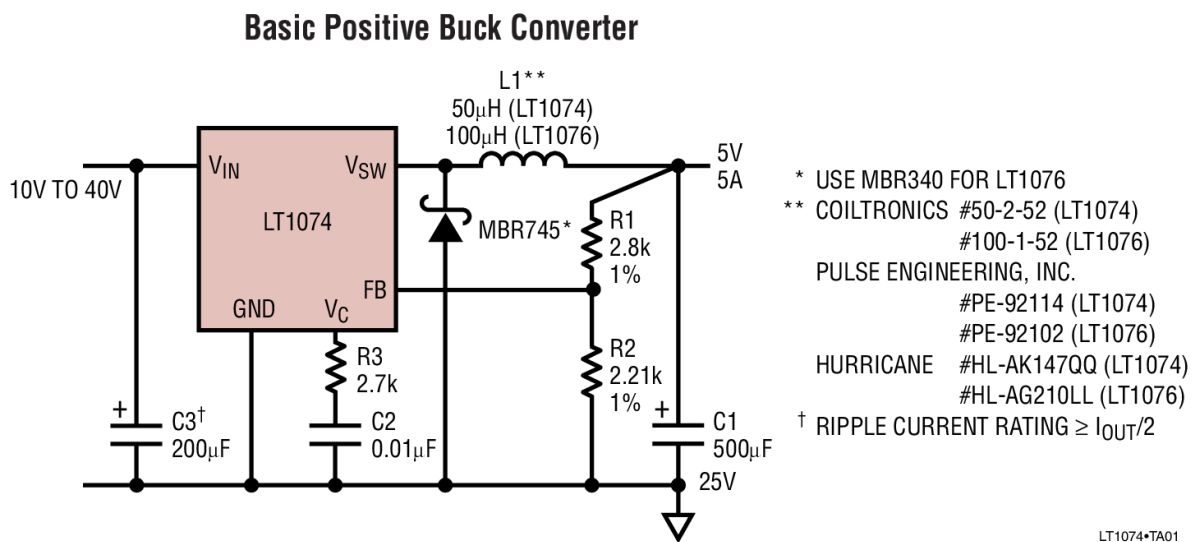


Рисунок 33 – Импульсный стабилизатор напряжения понижающего типа на микросхеме LT074

Особенности:

- Номинальный ток нагрузки 5 А;
- Рабочая частота 60 Гц;
- Частота переключения 100 кГц;
- Улучшенные динамические характеристики;
- Низкая стоимость;

- Ток покоя 8,5 мА [15].

LM2673-5V 3A стабилизатор напряжения питания

Стабилизатор работает в режиме DC-DC и регулирует выходной ток 5 А. Данные особенности стабилизатора применяют в цифровых схемах (см. рисунок 34).

Важной частью схемы LM2673 является возможность регулирования тока нагрузки в пределах 3 А в понижающем режиме.

LM2673 простой и недорогой стабилизатор, часто применяется в промышленном производстве высокочастотного электрооборудования [16].

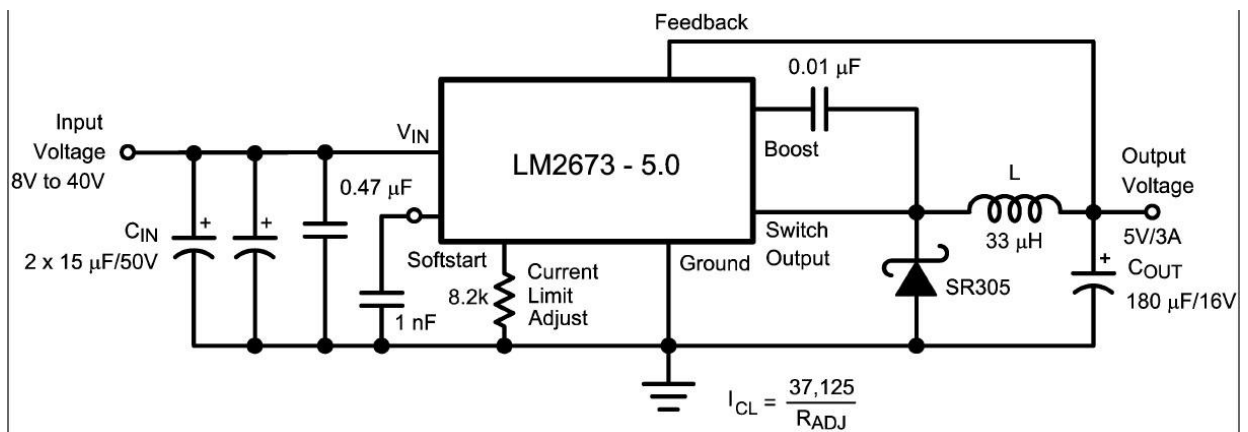


Рисунок 34 – стабилизатор напряжения питания на микросхеме LM2673-5V

1.3 Задачи бакалаврской работы

- Изменить конструкцию стенда;
- Выбор и расчет схемы импульсного стабилизатора;
- Модернизация схемы для удобства измерения параметров;
- Разработка методики измерения параметров;
- Разработка методических указаний к проведению лабораторной работы.

2. Основная часть

2.1 Расчёт схемы стабилизатора

Произвели расчет модернизированной схемы импульсного стабилизатора. Номиналы величин сопротивления резистора R6, ёмкости конденсаторов C3-C5, индуктивности катушки L1 и марка диода Шоттки VD8 подбираются такими же, как указано в методическом пособии (см. п 1.2, рис. 18).

Во время подачи питания на вход схемы в начальный момент величина тока может резко возрасти, поэтому номинальный ток диодов VD1-VD5 равняется 1 А, что весьма достаточно, чтобы удостовериться в безопасности работы устройства. Максимальный ток диодов VD1-VD5 1А.

Напряжение с делителя напряжения R1 и R2 рассчитывается по формуле

$$U_{вых} = R2 \cdot \frac{U_{вх}}{R1 + R2} = 1000 \cdot \frac{12}{200 + 1000} = 10В$$

Резистор R10 подбирают таким, чтобы постоянная времени τ равнялась двум миллисекундам. Сопротивление R10 находится по формуле

$$R10 = \frac{\tau}{C} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-6}} = 2000 \text{ Ом}$$

Транзисторы VT1 и VT2 срабатывают при низком напряжении на затворе и имеют большой номинальный ток.

Стабилитроны VD6, VD7 и VD9, VD10 рассчитаны на минимальное напряжение открытия транзисторов.

Ёмкость конденсатора C7 равна 1мкФ. Такая маленькая величина емкости требуется чтобы не срезать величины импульсов выходного напряжения.

Резистор R5 рассчитан на ток 1А [17].

двух стабилитронов VD6-VD7 и VD9-VD10 и резисторов R4 и R9 обеспечивают защиту транзисторов VT1 и VT2 от пробоя затвора, когда напряжение $U_{зи}$ превысит максимум. Резисторы R3 и R11 замыкают затворы VT1 и VT2, поддерживая их в закрытом состоянии, когда к ним не подключается питание. Резистор R5 защищает стабилизатор от больших токов и не даёт ему выйти из строя. Задающий конденсатор C4 задаёт частоту генерации выходных импульсов. Делителем напряжения R6 и R7 можно регулировать выходной ток $I_{вых}$ и амплитуду выходного напряжения $U_{вых}$, меняя величину сопротивления резистора R7. Катушка L1 сглаживает пульсации тока нагрузки I_n . Сглаживающие фильтры C5 и C6 подавляют высокочастотные и низкочастотные импульсные помехи. Величину тока нагрузки определяют параллельно соединённые резисторы R8 и R12. Когда ключ VT2 открыт, ток нагрузки равен отношению $U_{вых}$ к сопротивлению параллельно соединённых резисторов R8 и R12. Когда ключ VT2 закрыт, ток нагрузки равен отношению выходного напряжения к сопротивлению резистора R8. Чтобы уменьшить помехи пульсаций приращения выходного напряжения, измеряемого в режиме АС, к выходу стабилизатора подключается RC фильтр, состоящий из резистора R10 и сглаживающего конденсатора C7 [18].

2.3 Конструкция лабораторного стенда

На лицевой панели корпуса BOX-G 769 (см. рисунок 36) закреплён макет исследуемой электрической схемы (см. рисунок 37).

Макет электрической схемы выполнен на листе формата А4, заламинированный плёнкой жёсткостью 250 микрон.

В указанные места на схеме, куда подключаются штекеры для проведения опытов, просверлены одиннадцать отверстий диаметром 7мм. На внутренней поверхности корпуса шурупами закреплён печатный узел (см. рисунок 38).

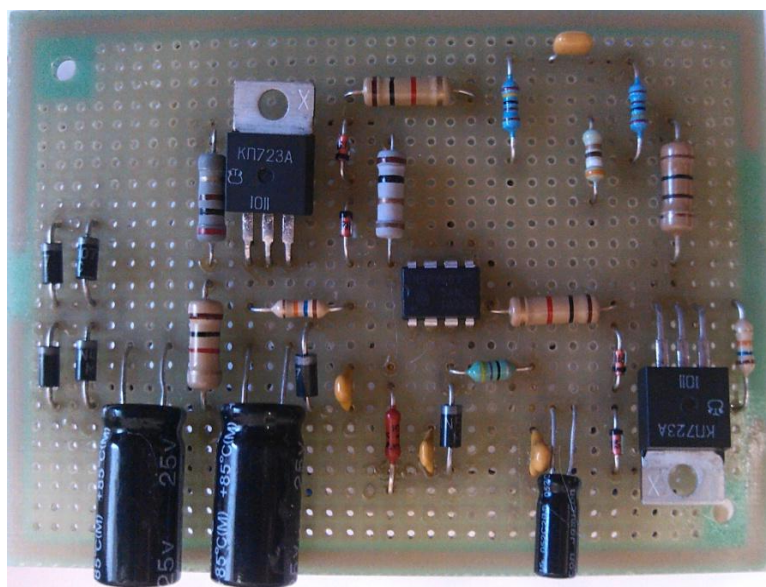


Рисунок 38 – Печатный узел схемы

Печатный узел представлен в виде односторонней макетной платы из гетенакса с металлизированными для монтажа радиоэлементов отверстиями (см. рисунок 39).

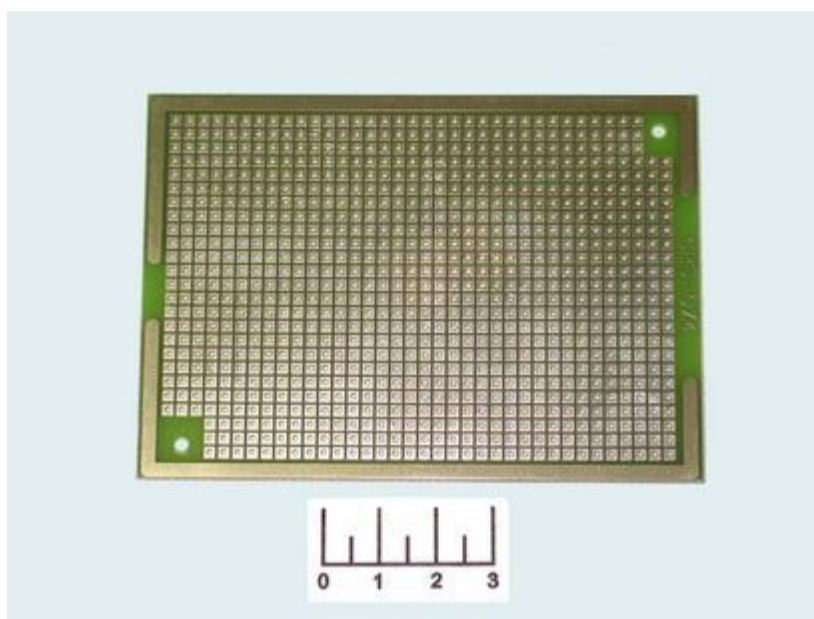


Рисунок 39 – Макетная плата CRS-074 1-сторонняя 70x100мм маска

На печатной плате собрана модернизированная схема понижающего импульсного стабилизатора напряжения. Выводы элементов схемы впаяны в металлизированные отверстия платы и соединены между собой гибкими изолированными проводами (см. рисунок 40).

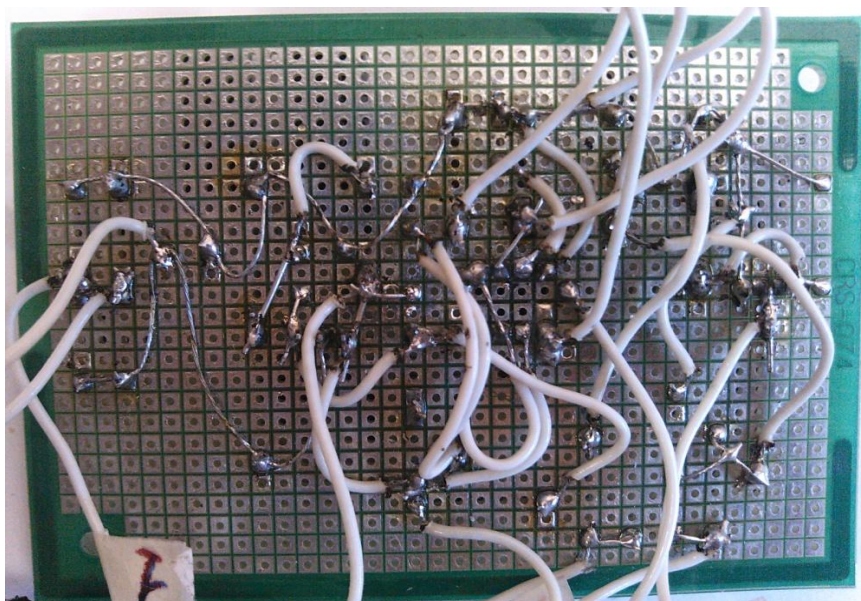


Рисунок 40 – Соединение выводов элементов схемы

Выводы гнезд (см. рисунок 41) и переменного резистора R7 проводами припаяны к дорожкам на макетной плате и крепятся в отверстия на корпусе.



Рисунок 41 – Гнездо лабораторного стенда

Для равномерного распределения припоя во время пайки вместо сухой канифоли был использован флюс паяльный ЛТИ-120 (см. рисунок 49).



Рисунок 49– Флюс паяльный ЛТИ-120

Во время пайки использовалось паяльное устройство SOLDERING IRON мощностью 30W с необгораемым жалом (см. рисунок 50).



Рисунок 50 – Паяльное устройство

2.4 Методика измерения параметров

Для проведения лабораторной работы студенту понадобится: блок источников питания, универсальный генератор, электронный осциллограф, персональный компьютер с установленной программой PC-Lab 2000.

Перед началом работы блок источников питания, генератор и осциллограф перевести в выключенное положение. На рабочем месте не должны лежать электронные приборы, которые могут повлиять на результаты опытов [20].

Порядок измерения параметров

1) Запустить программу PC-Lab 2000. Включить генератор, в окне Function Generator задать частоту следования импульсов 10 Гц, установить прямоугольную форму импульсов, величина амплитуды напряжения V_{pp} должна быть достаточной для работы полевых транзисторов VT1 и VT2. Подать питание к точкам X1, X2 и снять осциллограммы напряжений в точках X4, X6, X10, X11 как показано на рисунке 51, осциллограммы в точках X9, X10, X11 в соответствии с рисунком 52, напряжение на выходе микросхемы NCP3063 в точках X8, X6 по схеме на рисунке 53.

2) По снятым осциллограммам измерить величины пульсаций, провести измерения электрических параметров схемы для трёх состояний переменного резистора R7, вычислить значения k_{CT} и $R_{ВЫХ}$.

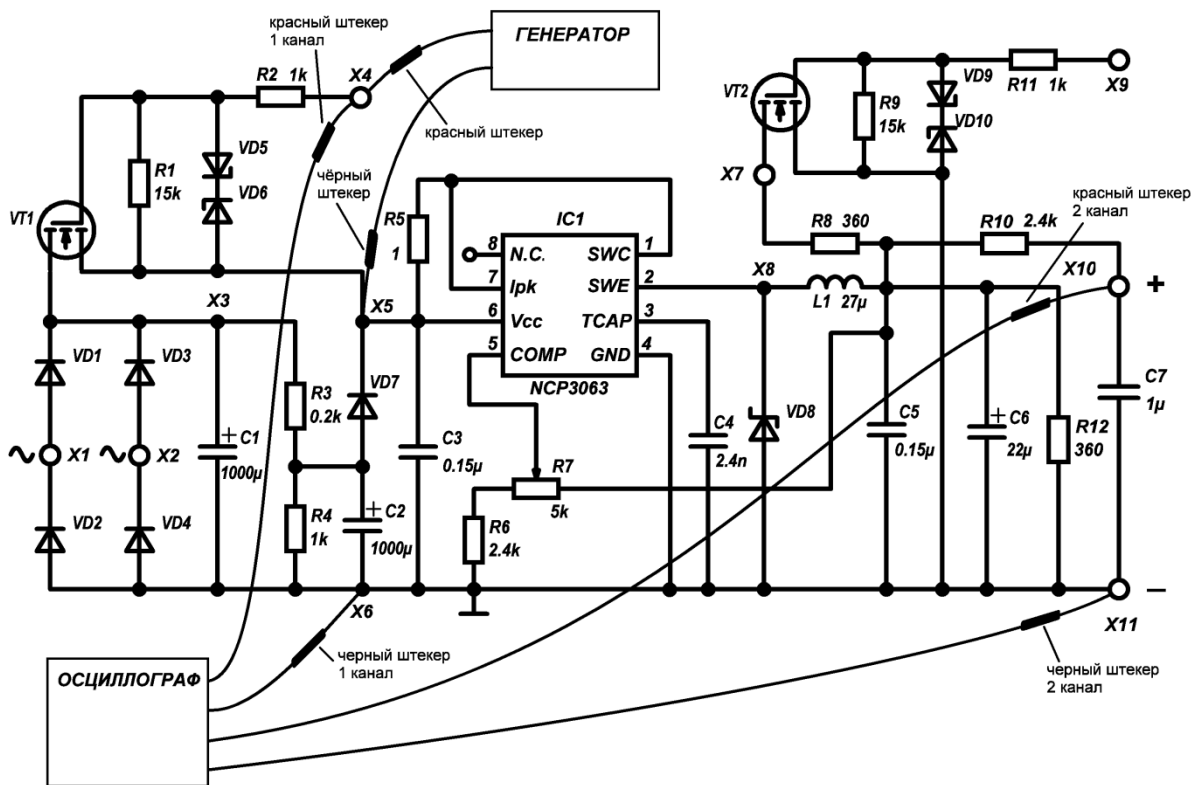


Рисунок 51 – Измерение величин пульсаций осциллографом (работает ключ VT1)

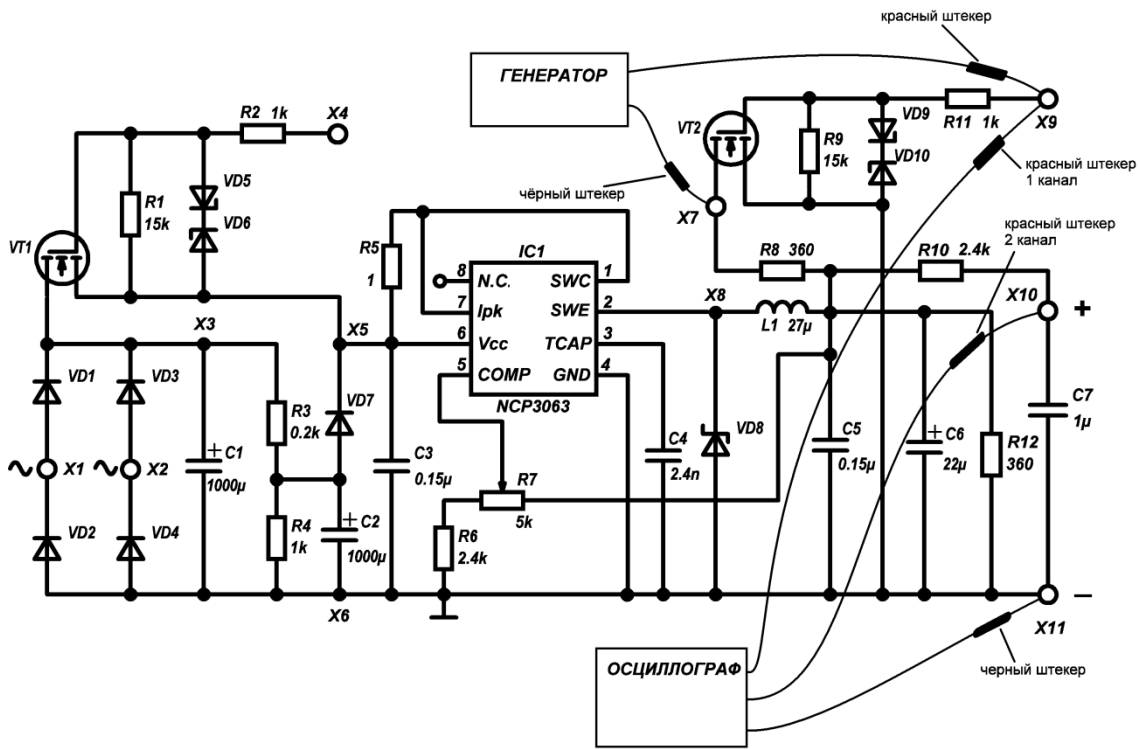


Рисунок 52– Измерение величин пульсаций осциллографом (работает ключ VT2)

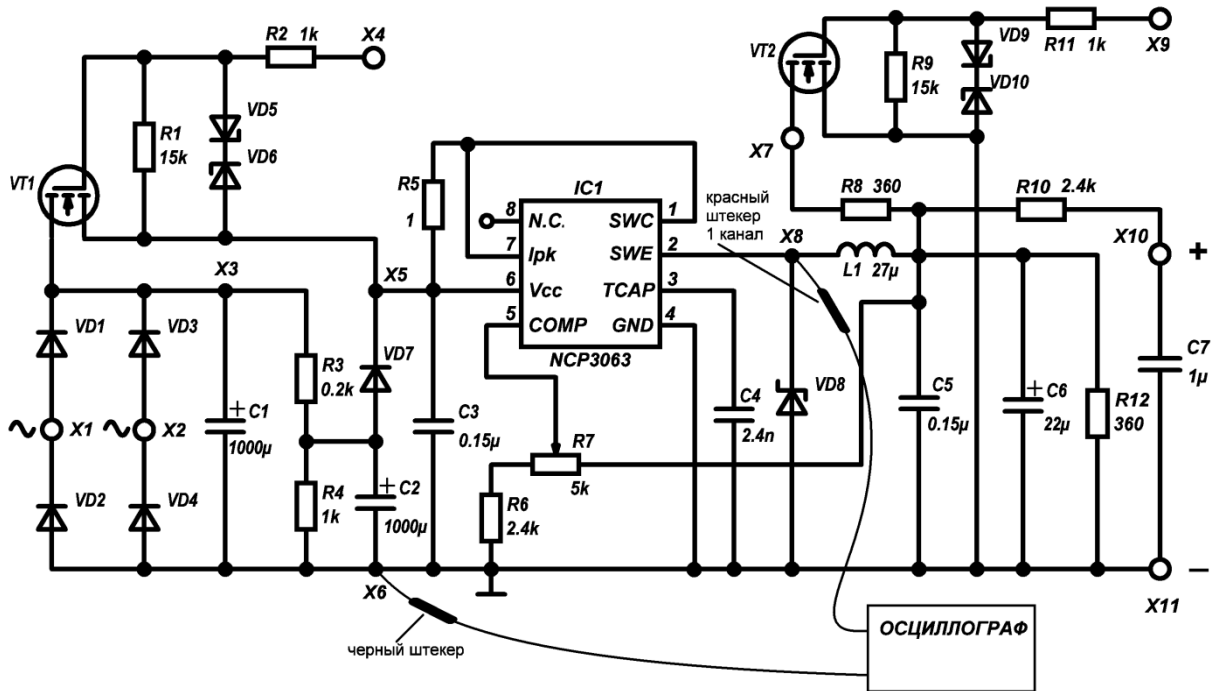


Рисунок 53– Измерение величин напряжений на выходе микросхемы

3) Значения напряжений ΔU_{BX} , $\Delta U_{BЫX}$, $U_{BX.HOM}$, $U_{BЫX.HOM}$, $U_{BX.MAX}$, $U_{BX.MIN}$ и $U_{BЫX}$ измеряются осциллографом (см. рисунок 54-56).

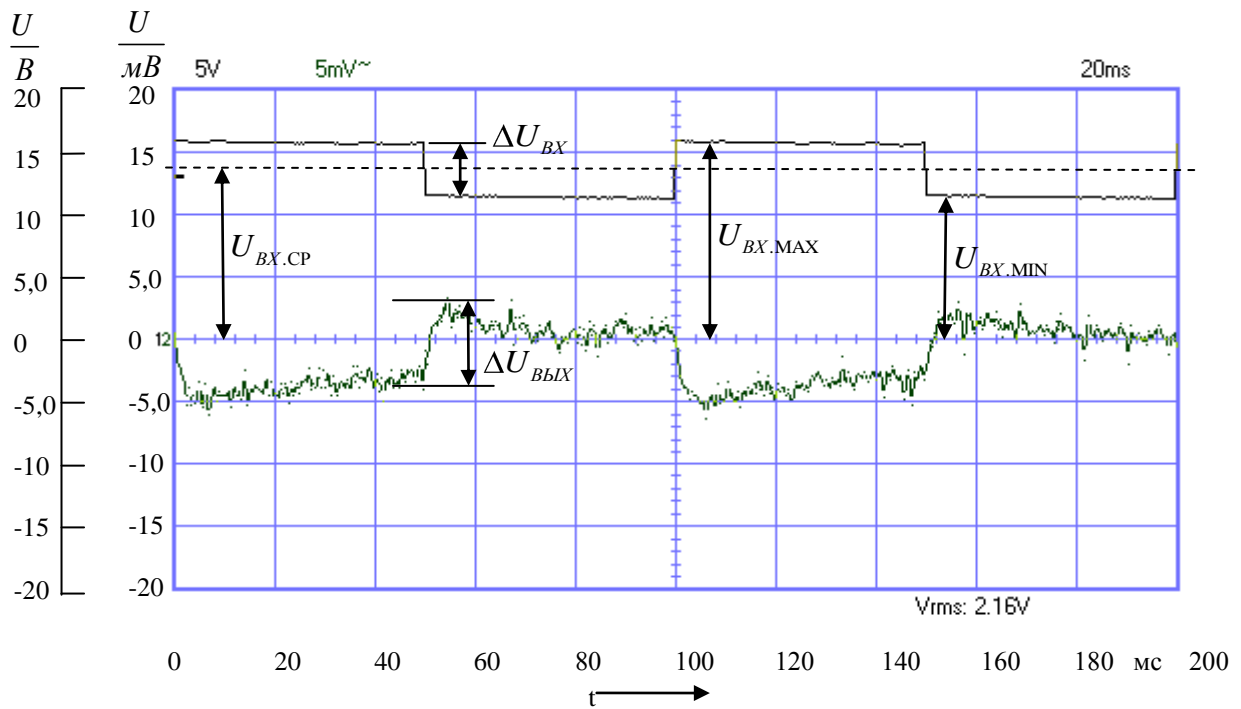


Рисунок 54 – Осциллограмма величин пульсаций и входного напряжения стабилизатора

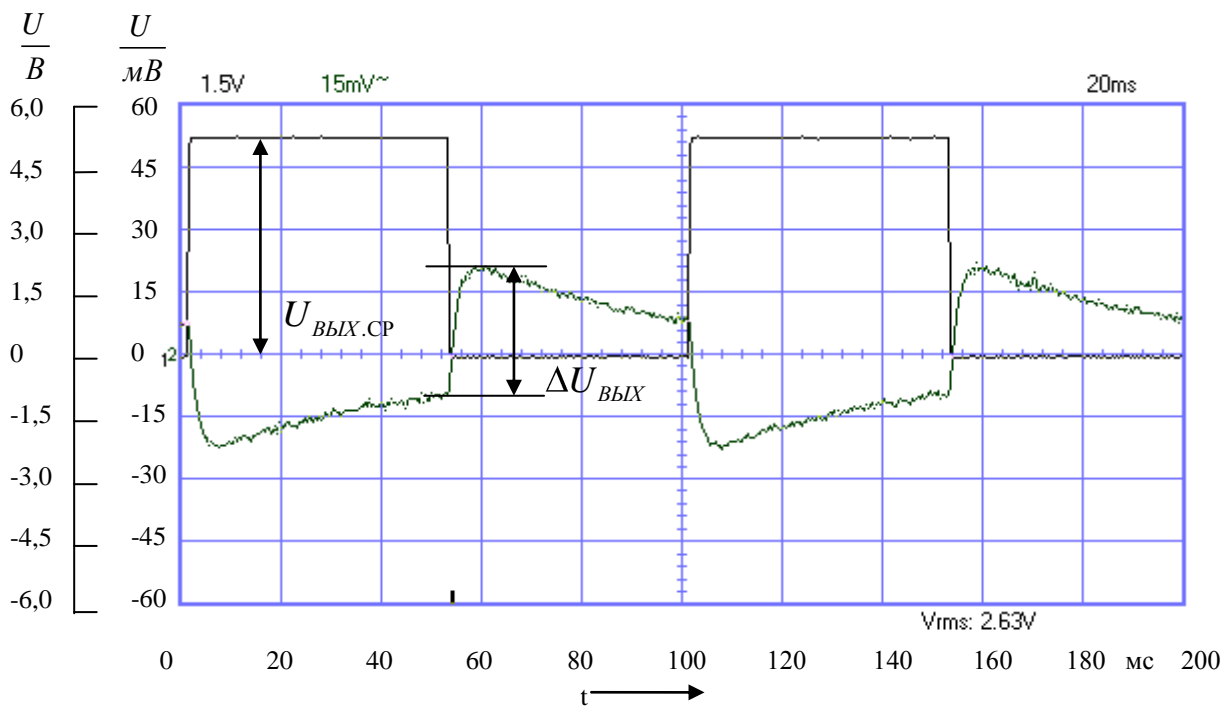


Рисунок 55 – Осциллограмма величин пульсаций и выходного напряжения стабилизатора

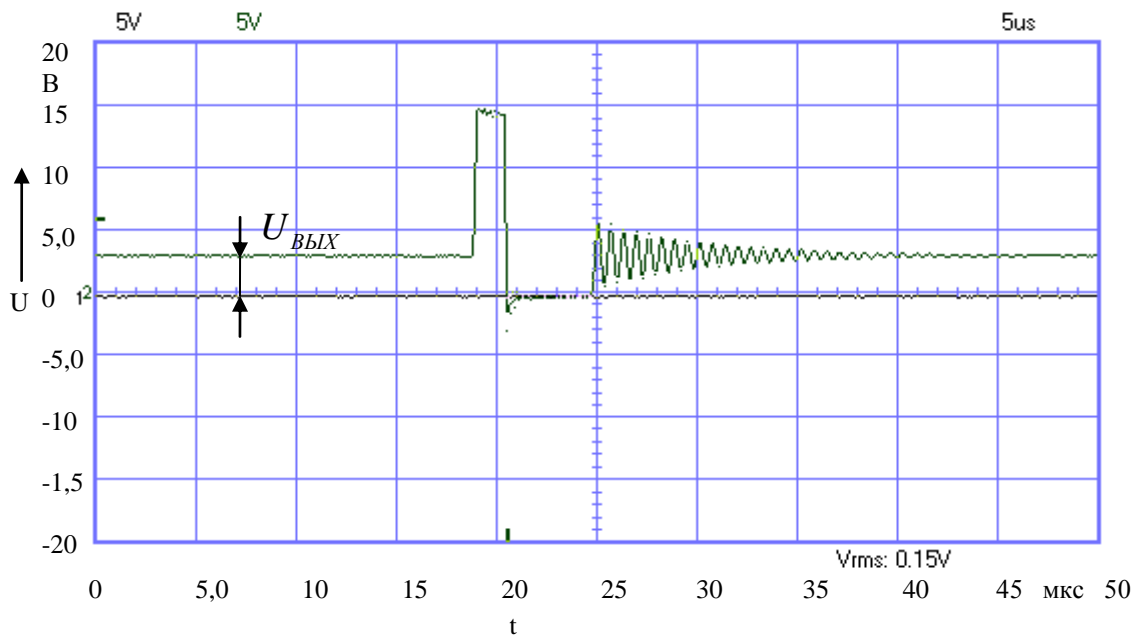


Рисунок 56 – Осциллограмма величин напряжений на выходе микросхемы

4) Коэффициент стабилизации $k_{СТ}$ и выходное сопротивление $R_{ВЫХ}$ вычисляются по формулам

$$k_{СТ} = \frac{\Delta U_{ВХ}}{\Delta U_{ВЫХ}} \cdot \frac{U_{ВЫХ.СР}}{U_{ВХ.СР}}, \quad (1)$$

где $\Delta U_{ВХ}$ - изменение входного напряжения;

$\Delta U_{ВЫХ}$ - изменение выходного напряжения, вызванное изменением входного;

$U_{ВХ.СР}$ и $U_{ВЫХ.СР}$ - среднее входное и выходное напряжение.

$$R_{ВЫХ} = \frac{-\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta I_{ВЫХ}}, \quad (2)$$

где $\Delta U_{ВЫХ}$ - изменение выходного напряжения, вызванное изменением входного;

$\Delta I_{ВЫХ}$ - изменение выходного тока стабилизатора.

Изменение выходного тока стабилизатора $\Delta I_{ВЫХ}$ рассчитывается по формуле

$$\Delta I_{ВЫХ} = \frac{U_{ВЫХ}}{R_H}, \quad (3)$$

где $U_{ВЫХ}$ - выходное напряжение стабилизатора;

R_H - сопротивление нагрузки (на схеме R_H обозначен как R12).

2.5 Экспериментальные исследования

Сняли осциллограммы величин пульсаций и напряжений для расчета коэффициента стабилизации k_{CT} (см. рисунок 57-59), выходного сопротивления $R_{ВЫХ}$ (см. рисунок 60-61), а также сняли осциллограммы поясняющие принципы работы микросхемы стабилизатора (см. рисунок 62-64) по методикам, описанных в пункте 2.4. На осциллограммах определили изменение входного $\Delta U_{ВХ}$ и выходного $\Delta U_{ВЫХ}$ напряжения, среднее значение напряжения на входе $U_{ВХ.СР}$ и выходе $U_{ВЫХ.СР}$ стабилизатора, максимальную $U_{ВХ.МАХ}$ и минимальную $U_{ВХ.МИН}$ величину входного напряжения [21].

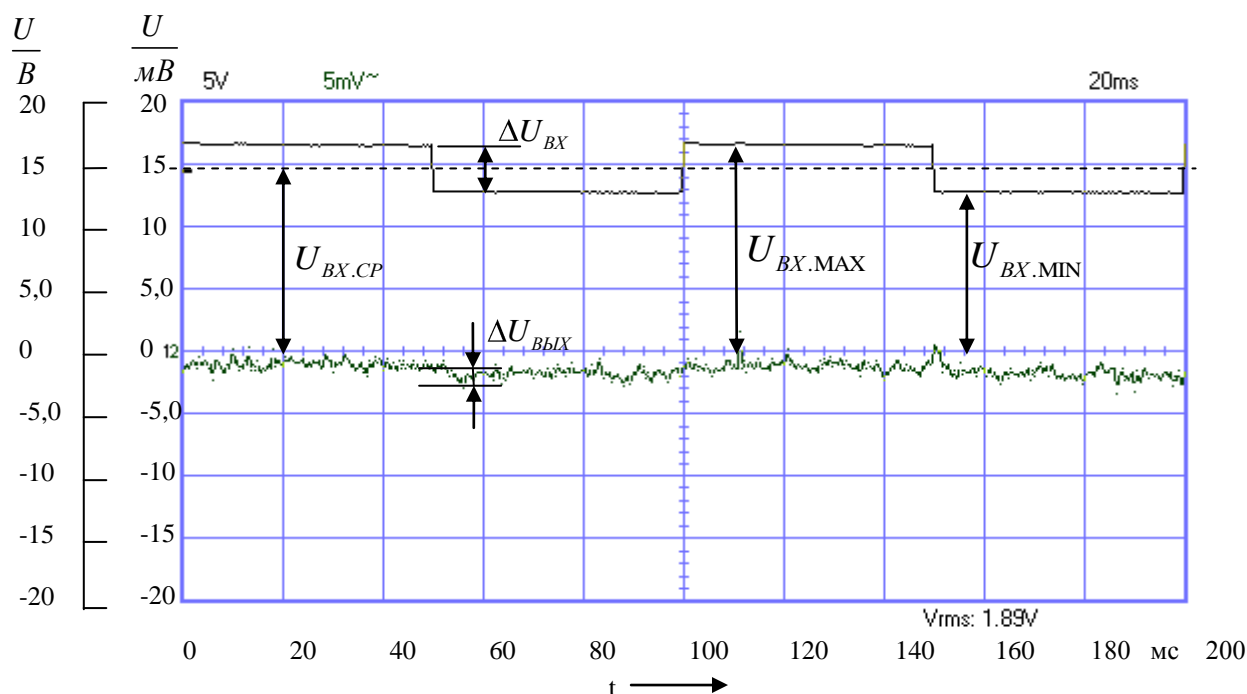


Рисунок 57 – Осциллограмма величин пульсаций и напряжений ($R7_{MIN}$)

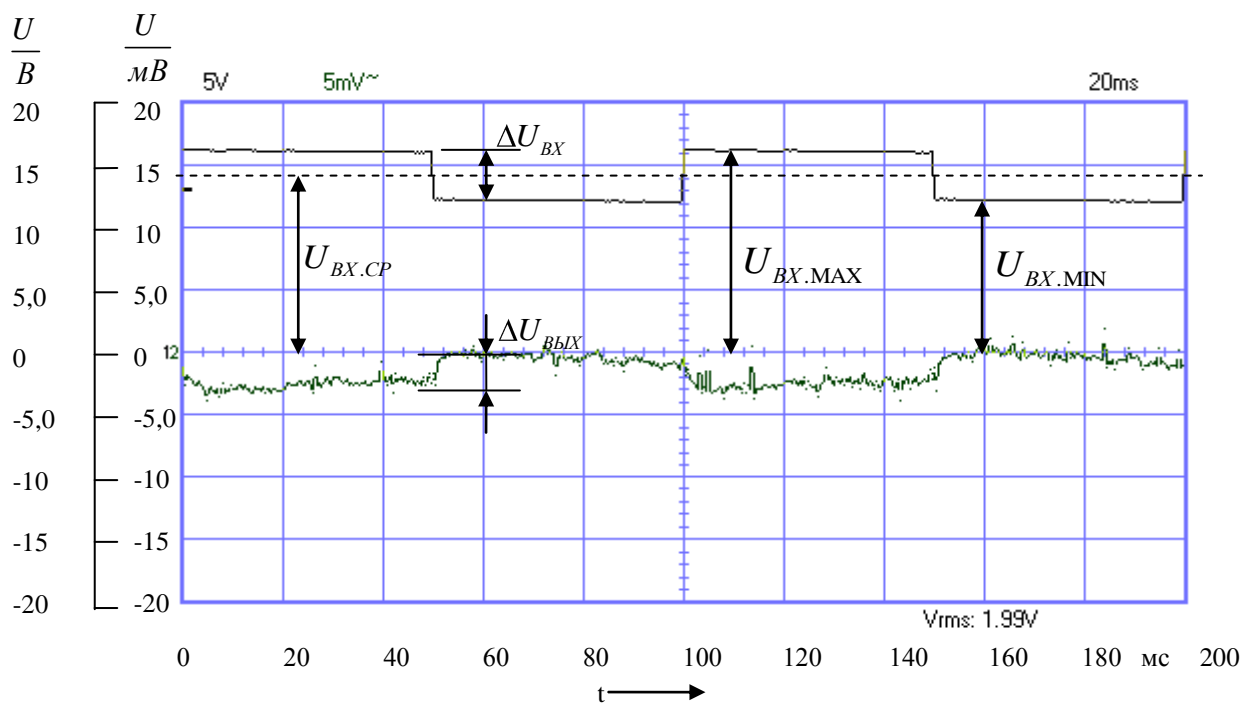


Рисунок 58 – Осциллограмма величин пульсаций и напряжений ($R7_{CP}$)

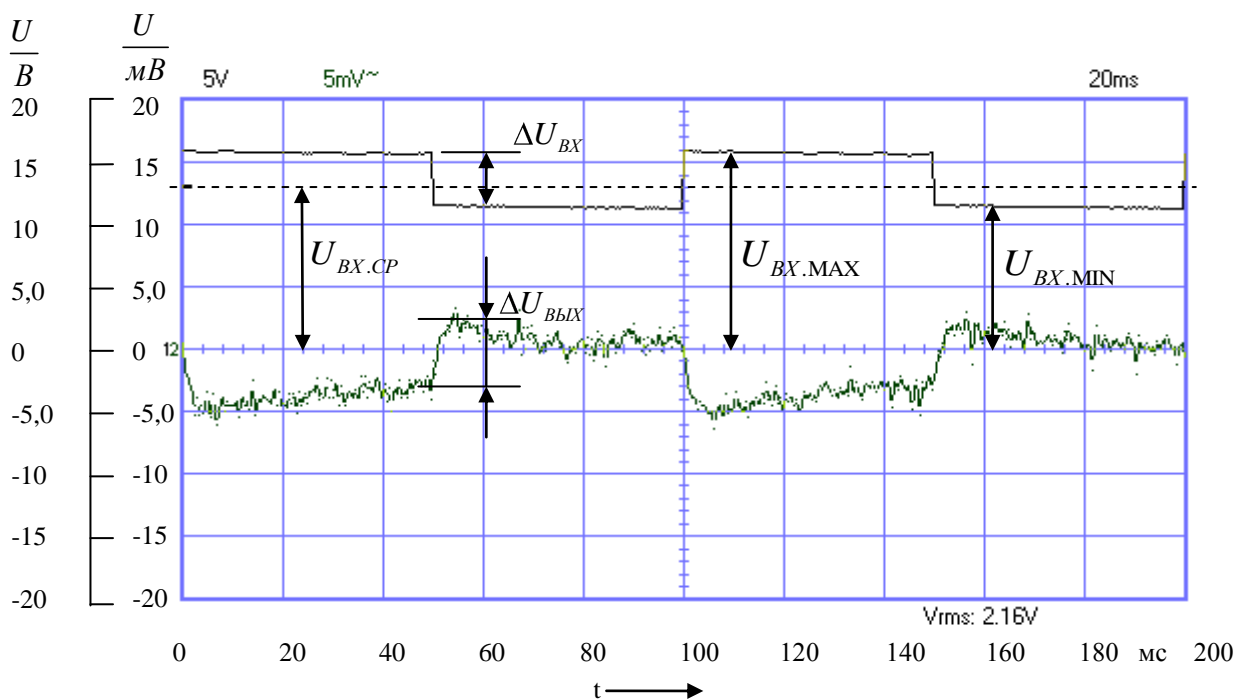


Рисунок 59 – Осциллограмма величин пульсаций и напряжений ($R7_{MAX}$)

По формуле 1 из пункта 2.4 рассчитали k_{CT} для трёх положений резистора R7.

$$k_{cm.(R7.min)} = \frac{3,44}{0,0025} \cdot \frac{1,59}{14,54} = 150,47;$$

$$k_{cm.(R7.nom)} = \frac{3,75}{0,0037} \cdot \frac{3}{14,45} = 210,42;$$

$$k_{cm.(R7.max)} = \frac{4,22}{0,00484} \cdot \frac{5,34}{13,49} = 345,14.$$

Результаты величин ΔU_{BX} , $\Delta U_{BЫX}$, $U_{BX.MAX}$, $U_{BX.min}$, $U_{BЫX.cp}$ и K_{CT} занесли в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

Величина сопротивления резистора R7	R7 _{MIN}	R7 _{CP}	R7 _{MAX}
$\Delta U_{BX}, B$	3,44	3,75	4,22
$\Delta U_{BЫX}, мВ$	2,5	3,7	4,84
$U_{BX.MAX}, B$	16,41	16,56	15,78
$U_{BX.MIN}, B$	12,66	12,34	11,2
$U_{BX.CP}$	14,54	14,45	13,49
$U_{BЫX.CP}$	1,59	3	5,34
$R7_{nom}$	150,47	211	345,14

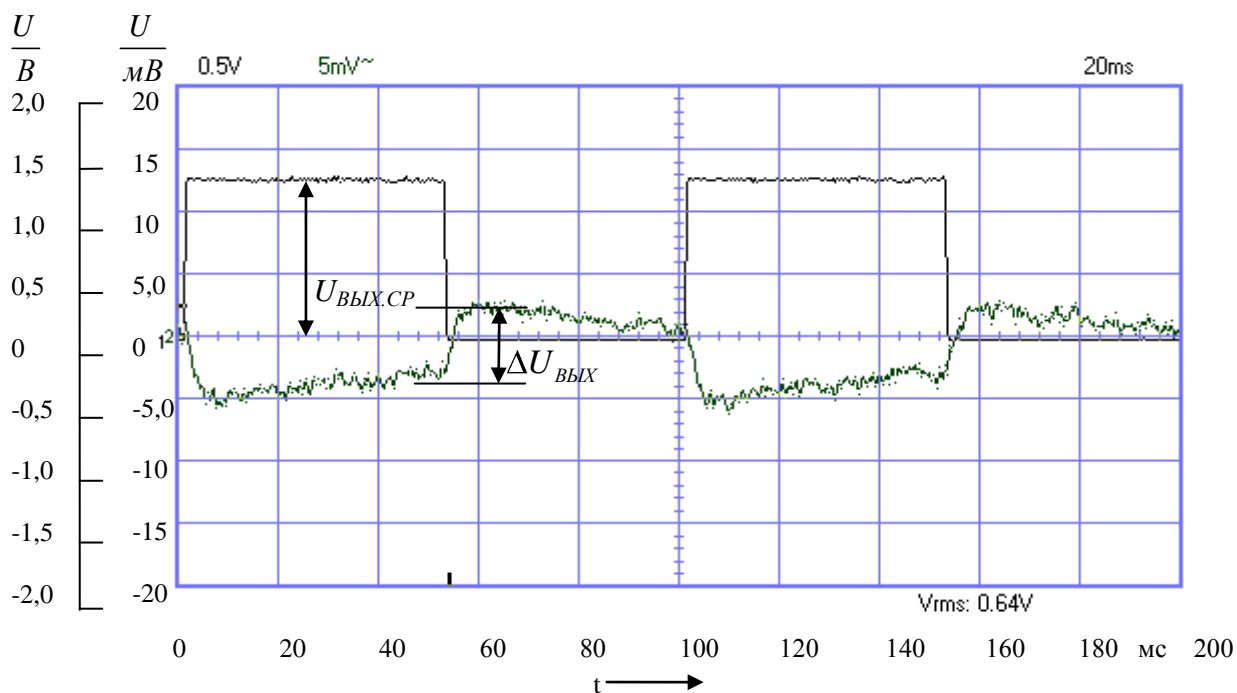


Рисунок 60 – Осциллограмма величин пульсаций и напряжений (R7_{MIN})

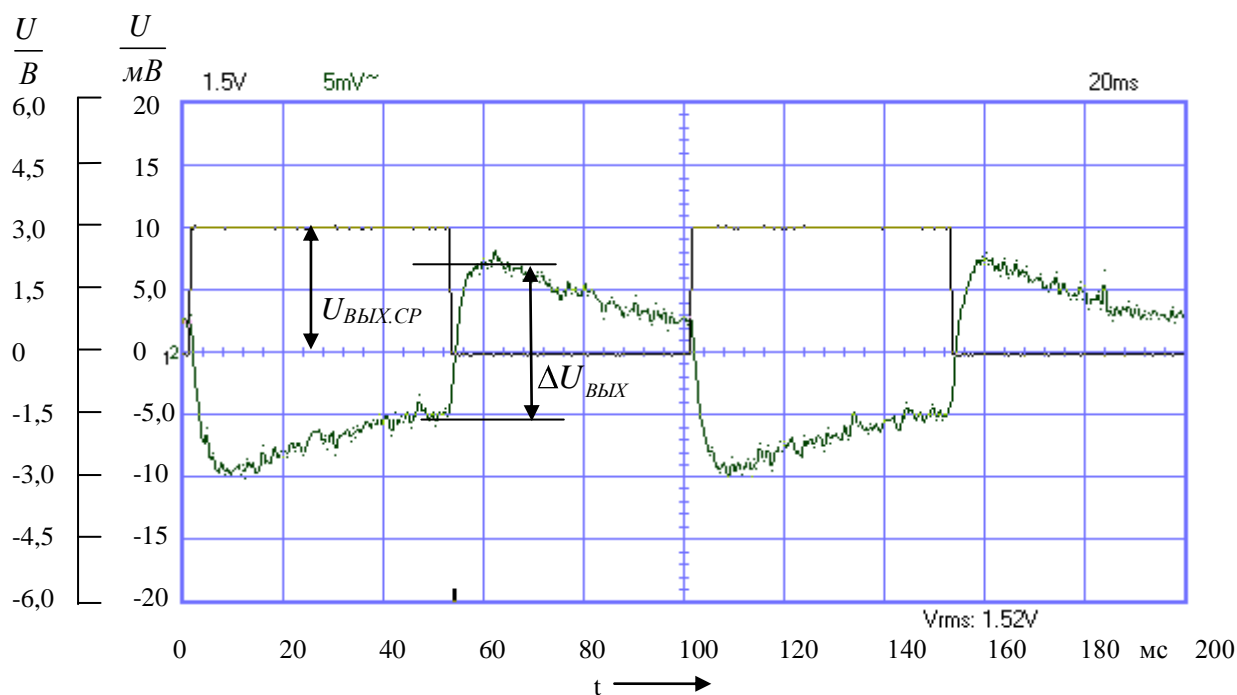


Рисунок 61 – Осциллограмма величин пульсаций и напряжений ($R7_{CP}$)

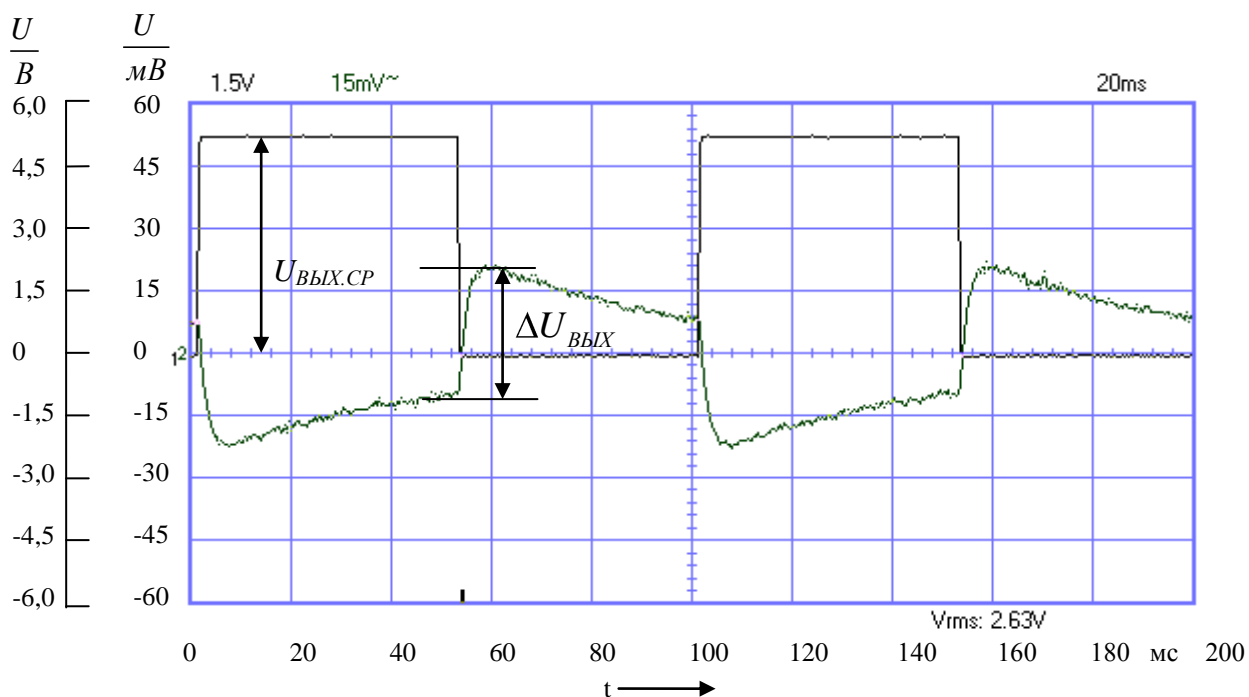


Рисунок 62 – Осциллограмма величин пульсаций и напряжений ($R7_{MAX}$)

Приняв во внимание то, что $R_H=R12=360 \text{ Ом}$ по формулам 2 и 3 из пункта 2.4 рассчитали $\Delta I_{ВЫХ}$, $R_{ВЫХ}$ для трёх состояний резистора R7.

$$\Delta I_{\text{ВЫХ}}(R7_{\text{MIN}}) = \frac{1,3}{360} = 3,6 \text{ мА}; \quad R_{\text{ВЫХ}}(R7_{\text{MIN}}) = \frac{0,00578}{0,0036} = 1,6 \text{ Ом};$$

$$\Delta I_{\text{ВЫХ}}(R7_{\text{CP}}) = \frac{3}{360} = 8,3 \text{ мА}; \quad R_{\text{ВЫХ}}(R7_{\text{CP}}) = \frac{0,01141}{0,0083} = 1,375 \text{ Ом};$$

$$\Delta I_{\text{ВЫХ}}(R7_{\text{MAX}}) = \frac{5,2}{360} = 14,44 \text{ мА}; \quad R_{\text{ВЫХ}}(R7_{\text{MAX}}) = \frac{0,03094}{0,01444} = 2,143 \text{ Ом}.$$

Результаты величин $\Delta U_{\text{ВЫХ}}$, $U_{\text{ВЫХ.СР}}$, $\Delta I_{\text{ВЫХ}}$ и $R_{\text{ВЫХ}}$ занесли в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты измерений

Величина сопротивления резистора R7	R7 _{MIN}	R7 _{CP}	R7 _{MAX}
$\Delta U_{\text{ВЫХ}}$, мВ	5,78	11,41	30,94
$U_{\text{ВЫХ.СР}}$, В	1,3	3	5,2
$\Delta I_{\text{ВЫХ}}$, мА	3,6	8,3	14,44
$R_{\text{ВЫХ}}$, Ом	1,6	1,375	2,143

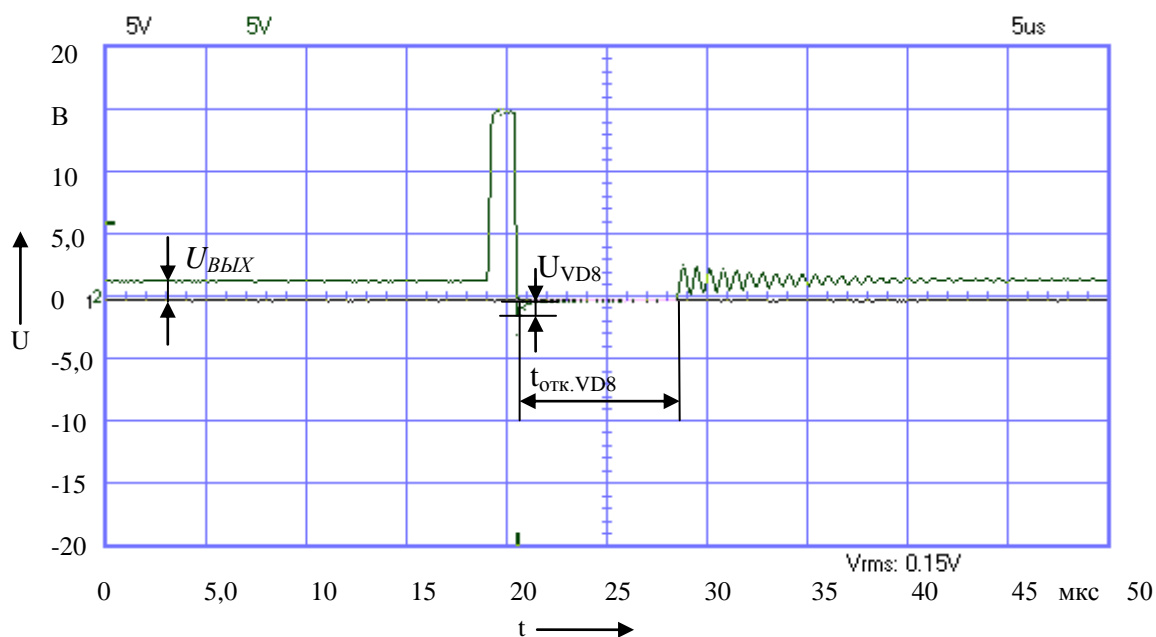


Рисунок 63 – Осциллограмма напряжения на выходе микросхемы (R7_{MIN})

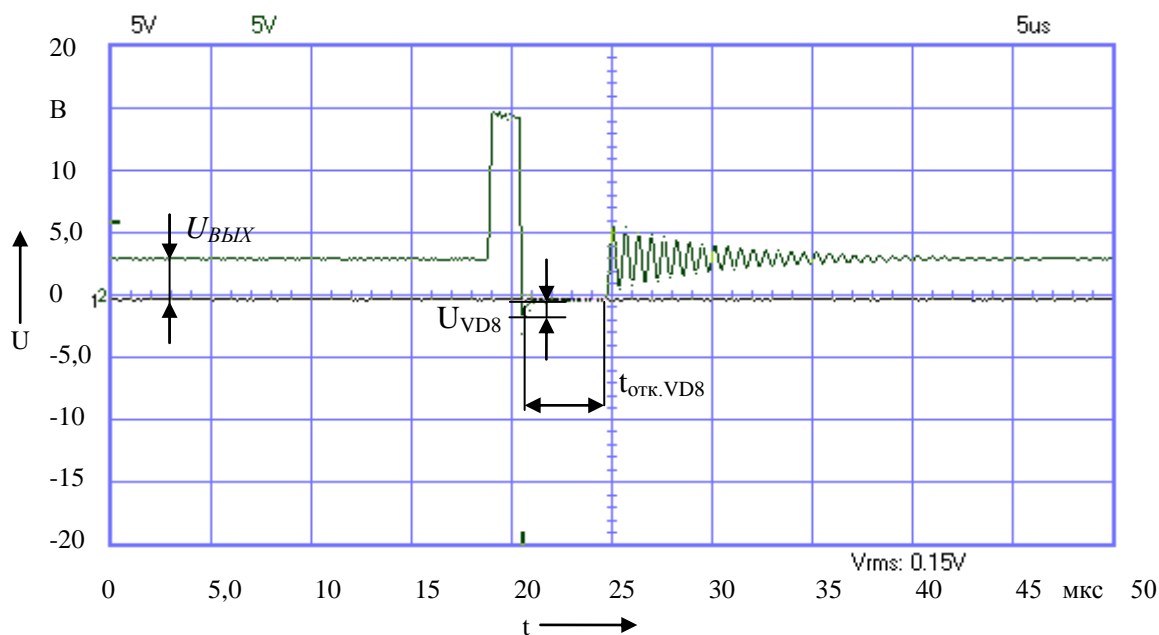


Рисунок 64 – Осциллограмма напряжения на выходе микросхемы ($R7_{CP}$)

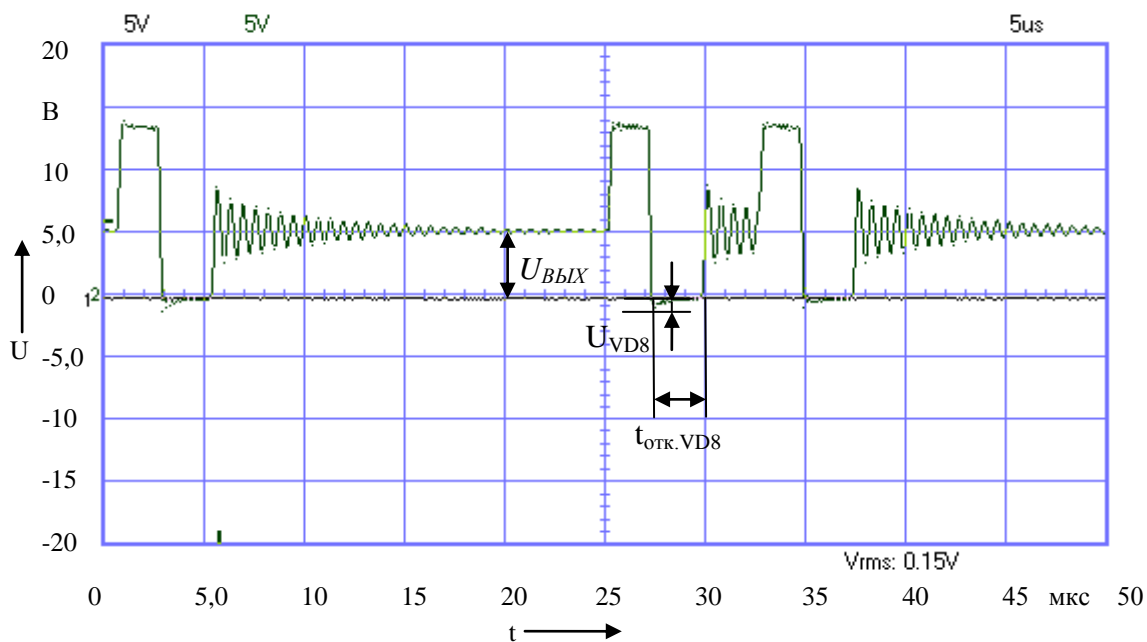


Рисунок 65 – Осциллограмма напряжения на выходе микросхемы ($R7_{MAX}$)

По осциллограммам на рисунках 63-65 видно, что время открытого состояния $t_{отк}$ диода Шоттки VD8 зависит от величины $U_{вых}$ [22], [23].

2.6 Экономическое обоснование работы

В процессе работы над ВКР был изготовлен один экземпляр лабораторного стенда «Импульсный стабилизатор напряжения». Количество и стоимость закупленных элементов и материалов сведены в таблицы 4,5.

Таблица 4 – Стоимость покупных радиоэлементов

Наименование	Стоимость за единицу, руб.	Кол.	Общ. стоимость, руб
Резистор С2-23-1Вт	4	6	24
Резистор С2-23-0,25Вт	2	5	10
Резистор 16К1 КС-5 кОм	55	1	55
Диод 1N4007-1А -1000В	3	5	15
Стабилитрон ВZХ55С15-15В-0,5Вт	5	4	20
Диод Шоттки 1N5819-1А-40В	3	1	3
Дроссель ЕС24-270К-27мкГн	1	7	7
Конденсатор 1000мкФ-25В	15	2	30
Конденсатор 0,15мкФ-50В	3	2	6
Конденсатор 2,4нФ-50В	3	1	3
Конденсатор 22мкФ-35В	2	1	2
Конденсатор 1мкФ-50В	4	1	4
Микросхема NCP3063 [24]	90	1	90
Транзистор КП723А-60В-35А	55	2	110
Общая стоимость, руб.			379

Таблица 5 – Стоимость инструментов и материалов

Наименование	Стоимость за единицу, руб.	Кол.	Общ. стоимость, руб
Макетная плата CR3074 1-стор.	150	1	150
Корпус ВОХ-G 769	445	1	445
Припой ПОС-61 1 мм 10г с/к	40	1	40
Паяльник ZD-200В 30w 220В	310	1	310
Флюс ЛТИ-120 с кисточкой 20 мл	50	1	50
Гнездо Г1-6 белое	11	3	33
Бокорезы TOOLS 130мм	150	1	150
Утконосы TOOLS 130мм	140	1	140

Общая стоимость, руб.	1318
-----------------------	------

Комплектующие покупались в магазине «Электронные компоненты» [25].

Таким образом затраты на изготовление лабораторного стенда составили $379+1318=1697$ руб.

Заключение

Импульсный стабилизатор напряжения – это стабилизатор напряжения, в котором регулирующий элемент работает в ключевом режиме. Плавное изменение напряжения происходит благодаря наличию интегрирующего элемента. Напряжение увеличивается по мере накопления катушки энергии и уменьшается по мере отдачи энергии в нагрузку.

Лабораторный выполненный в виде корпуса, на лицевой панели которого расположена исследуемая схема, позволит студент проводить лабораторные работы в ходе изучения курса Источники питания. На корпусе установлены гнезда, в которых снимаются осциллограммы. По этим осциллограммам учащиеся будут рассчитывать коэффициент стабилизации $k_{СТ}$ и выходное сопротивление $R_{ВЫХ}$.

Схема исходного стабилизатора напряжения была модернизирована таким образом, чтобы определить амплитуду пульсаций напряжения на выходе под действием входного изменяющегося напряжения. Для этого на вход и выход схемы подключены транзисторы, работающие в качестве ключей.

Составлены методические указания и методики измерения параметров стабилизатора, по которым студент будет проводить экспериментальные исследования, и рассчитывать параметры схемы.

Вычислена стоимость инструментов и покупных радиоэлементов.

В результате проведенной работы были получены осциллограммы напряжения, определены величины пульсаций на входе и выходе в режимах DC, AC и рассчитаны параметры, определяющие

Список использованных источников

1. Лабораторный компьютерный стенд: методическое пособие /А.А.Шевцов, В.И. Чепелев., К.Х.Узбеков-Тольятти:ТГУ, 2009.-47с.
2. Е.А.Москатов. Источники питания. – К.: “МК-Пресс”, СПб.: “КОРОНА-ВЕК”, 2011. – 208с.
3. Википедия. Импульсный стабилизатор напряжения [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F&oldid=74452196 (дата обращения 5.03.2016).
4. Простой импульсный стабилизатор напряжения на КРЕН142ЕН1 [Электронный ресурс] URL: <http://lessonradio.ru/skhemy/prostojj-impulsnyjj-stabilizator-nap/> (дата обращения 10.03.2016).
5. Импульсный стабилизатор напряжения [Электронный ресурс] URL: http://rudig.ru/categories/open_t/1301 (дата обращения 10.03.2016).
6. Импульсный регулируемы стабилизатор напряжения [Электронный ресурс] URL: http://radio-stv.ru/radiolyubitelskie-shemyi/bloki-i-istochniki-pitaniya/impulsnyiy-reguliruemyiy-stabilizator-napryazheniya?_sm_byr=iVVsnN08R44JT1QM (дата обращения 11.03.2016).
7. LM20124 Понижающий импульсный стабилизатор напряжения PowerWise® (1МГц, 4А, встроенный синхронный выпрямитель) [Электронный ресурс] URL: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/National_Semi/power/PowerWise/LM20124.htm (дата обращения 12.03.2016).
8. NCP3063: Boost / Buck / Inverting Converter, Switching Regulator, 1.5 A [Электронный ресурс] URL: <http://www.onsemi.com/pub/Collateral/NCP3063-D.PDF> (дата обращения 12.03.2016).
9. Импульсный стабилизатор напряжения низковольтных схем

- [Электронный ресурс] URL: <http://sezador.radioscanner.ru/pages/articles/sources/psumc34063a.htm> (дата обращения 13.03.2016).
10. 7 схем импульсных стабилизаторов напряжения
[Электронный ресурс] URL: <http://radiostorage.net/?area=news/2782>
(дата обращения 13.03.2016).
11. Импульсный стабилизатор напряжения 12В/4А (142ЕН8, КТ819)
[Электронный ресурс] URL: <http://nauchebe.net/2011/04/impulsnyj-stabilizator-napryazheniya-12v4a-142en8-kt819/> (дата обращения 14.03.2016).
12. MODULE SCV0031-3.3V-0.6A [Электронный ресурс] URL:
http://www.electronshik.ru/item/scv0031-33v-06a-1933575?_openstat=bWFya2V0LnlhbmRleC5ydTtEQy1EgyDRgdGC0LDQsdC40LvQuNC30LDRgtC-0YDRiyBTQ1YwMDMxLTMuM1YtMC42QTtfWXlucFRDYTdBNDhjTXZ0anVzUTBBOw&frommarket=&utm_campaign=28&utm_medium=cp&utm_source=YaMarket&utm_term=1933575&ymclid=65983862799122273850001(дата обращения 14.03.2016).
13. XRP7665 [Электронный ресурс] URL: http://catalog.gaw.ru/project/documents/38001_39000/38794/new_1.htm (дата обращения 14.03.2016).
14. LM78S40 Universal Switching Regulator Subsystem
[Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm78s40.pdf> (дата обращения 15.03.2016).
15. LT1074 - Step-Down Switching Regulator [Электронный ресурс] URL:
<http://www.linear.com/product/LT1074> (дата обращения 15.03.2016).
16. LM2673 -5V 3A Switching Voltage Regulator
[Электронный ресурс] URL: <http://www.eleccircuit.com/lm2673-5v-3a-switching-voltage-regulator/> (дата обращения 17.03.2016).
17. Короткова Г. М. Источники питания для сварки на постоянном токе : учеб. пособие / Г. М. Короткова, Р. А. Цепенев ; ТолПИ. - [Куйбышев]

- : КуАИ, 1981. - 75 с. - Библиогр.: с. 74-75.
18. Александров А. Г. Источники питания для дуговой сварки : учеб. пособие для подготовки рабочих на производстве / А. Г. Александров, В. С. Милютин. - Москва : Машиностроение, 1982. - 79 с. : ил. - (Библиотека электросварщика).
19. Белопольский И. И. Источники питания радиоустройств : учеб. пособие для радотехн. техникумов / И. И. Белопольский. - Изд. 3-е, перераб. - Москва : Энергия, 1971. - 312 с. : ил. - Библиогр.: с. 309. - Прил.: с. 286-308.
20. Гуревич С. Г. Источники питания средней частоты установок индукционного нагрева / С. Г. Гуревич, В. В. Моргун ; под ред. А. Н. Шамова. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, 1980. - 65 с. : ил. - (Библиотечка высокочастотника-термиста. Вып. 5). - Библиогр.: с. 64.
21. Джонс М. Х. Электроника - практический курс / М. Х. Джонс ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - Москва : Постмаркет, 1999. - 527 с. : ил. - (Библиотека современной электроники). - Библиогр.: с. 409-511. - Предм. указ.: с. 512-520. - Прил.: с. 489-508. - ISBN 5-901095-01-4 : 280-91.
22. Прянишников В. А. Электроника : полн. курс лекций / В. А. Прянишников. - 4-е изд. - Санкт-Петербург : КОРОНА принт, 2004. - 415 с. : ил. - Библиогр.: с. 415. - ISBN 5-7931-0018-0 : 95-45.
23. Лачин В. И. Электроника : учеб. пособие / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. - Гриф МО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2000. - 446 с. : ил. - Библиогр.: с. 441. - ISBN 5-222-00998-X : 148-00.
24. NCP3063DR2G, Импульсный стабилизатор напряжения [SO8] [Электронный ресурс] URL:<http://www.chipdip.ru/product/ncp3063dr2g/> (дата обращения 20.04.2016).
25. Электронные компоненты [Электронный ресурс] URL: <http://impulsi.ru/index.php> (дата обращения 23.04.2016).