

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

(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Лабораторный стенд «Импульсный стабилизатор напряжения»

Студент

Беляев В.К.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.К. Кудинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

О.Н. Брега

(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 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Голыяттинский государственный университет»
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
(институт)
Промышленная электроника
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Промышленная электроника»

(подпись) А.А. Шевцов
(И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

- Студент Беляев Вадим Константинович
1. Тема Лабораторный стенд «Импульсный стабилизатор напряжения»
 2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 30 мая 2017г.
 3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Входное напряжение: 12В 50 Гц.
Ток нагрузки, не более 20 мА. Основные измеряемые параметры: коэффициент стабилизации,
выходное сопротивление. Выходное напряжение: регулируемое, -1...-12В.
 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: _____
 7. Дата выдачи задания « 02 » февраля _____ 2017 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

(подпись) А.К. Кудинов
(И.О. Фамилия)

(подпись) В.К. Беляев
(И.О. Фамилия)

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

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт, факультет)

Промышленная электроника

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышленная электроника»

А.А. Шевцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной бакалаврской работы

Студента Беляева Вадима Констанбтиновича

по теме Лабораторный стенд «Импульсный стабилизатор напряжения»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Состояние вопроса	10.02.2017	15.02.2017	Выполнено	
Описание существующего лабораторного стенда	15.02.2017	20.02.2017	Выполнено	
Обзор импульсных стабилизаторов напряжения	10.03.2017	27.03.2017	Выполнено	
Расчет схемы стабилизатора	20.03.2017	1.04.2017	Выполнено	
Модернизация схемы	15.04.2017	20.04.2017	Выполнено	
Конструкция лабораторного стенда	30.04.2017	02.05.2017	Выполнено	
Методика измерения параметров	5.05.2017	7.05.2017	Выполнено	
Экспериментальные исследования	10.05.2017	15.05.2017	Выполнено	
Экономическое обоснование работы	13.05.2017	17.05.2017	Выполнено	
Оформление пояснительной записки	18.05.2017	25.05.2017	Выполнено	
Оформление чертежей	30.05.2017	2.06.2017	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

А.К. Кудинов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

В.К. Беляев

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Abstract

The title of the graduation work is «Inverting impulse voltage regulator».

The graduation work consists of an explanatory note on 57 pages, including an introduction with 50 figures, 5 tables, 21 references including 6 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets. The object of the graduation work is laboratory stand.

The graduation work may be divided into several logically connected parts which are:

- 1) Inverting impulse voltage regulators and its characteristics;
- 2) Types of pulse voltage regulators;
- 3) Choice and modernization of the laboratory stand scheme;
- 4) Conducting experiments on the laboratory bench and their results;
- 5) Creation of methodological materials on stand work;
- 6) Economic justification of work

Much attention is given to protecting the laboratory stand from electrical interference to obtain better results. We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions. The issues of varieties of pulse voltage stabilizers and modernization of the selected regulator circuit are highlighted in the project's general part. The special part of the project gives details about possible solutions for the development of an inverting impulse voltage regulator. Finally, we present the work on the development of laboratory stand.

The results of the study showed that screening of some parts of the stand had a (positive) impact for the whole system. Progress has been made towards understanding work of impulse voltage regulators. The work is of interest for wide circle of readers. Overall, the results suggest that stand is based on the inverting impulse voltage regulator, it works correctly, and it is ready for operation.

Аннотация

Название выпускной работы – Лабораторный стенд «Импульсный стабилизатор напряжения».

Работа состоит из пояснительной записки на 62 страницах, включая 50 рисунков, 5 таблиц, 21 ссылок на источники, включая 6 иностранных источников, а также графической части на 6 листах А1. Целью выпускной работы является создание лабораторного стенда.

Выпускную работу можно разделить на несколько логически связанных частей:

1. Инвертирующий ИСН и его характеристики;
2. Типы ИСН;
3. Выбор и модернизация схемы лабораторного стенда;
4. Проведение экспериментов над лабораторным стендом и их результаты;
5. Создание методических материалов по работе стенда;
6. Экономическое обоснование работы

Для достижения лучших результатов большое внимание было уделено защите лабораторного стенда от электрических помех. Начали с утверждения проблемы и логично перешли к ее возможным решениям. Вопрос о типах инвертирующих стабилизаторов напряжения и модернизации выбранной схемы стабилизатора находятся в центральной части проекта. Отдельная часть проекта дает подробную информацию о возможных решениях для разработки инвертирующего импульсного стабилизатора напряжения. В итоге, была представлена работа по разработке лабораторного стенда.

Результаты исследований показали, что экранирование некоторых частей стенда оказало положительное воздействие на всю систему. Был достигнут прогресс в понимании работы импульсных стабилизаторов напряжения. Работа представляет интерес для широкого круга читателей. В целом, результаты показывают, что стенд, сделанный на инвертирующем импульсном стабилизаторе напряжения, функционирует правильно и готов к использованию.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. Состояние вопроса.....	8
1.1 Обзор существующей лабораторной установки.....	8
1.2 Обзор импульсных стабилизаторов напряжения.....	14
1.3 Задачи бакалаврской работы.....	35
2. Основная часть.....	36
2.1 Расчет схемы стабилизатора.....	36
2.2 Модернизация схемы.....	36
2.3 Конструкция лабораторного стенда.....	37
2.4 Методика измерения параметров.....	43
2.5 Экспериментальные исследования.....	48
2.6 Экономическое обоснование работы.....	54
Заключение.....	56
Список использованных источников.....	57

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: современный мир радиотехники постоянно совершенствуется, как пример – постоянно ведущиеся разработки новых преобразователей энергии. Среди них и импульсные стабилизаторы напряжения, имеющие множество схемотехнических решений, отвечающие самым жестким требованиям, и пользующимися спросом в настоящем времени. ИСН актуальны небольшой массой и габаритами, высокой надежностью, а главное, способностью значительно уменьшить мощность потерь в регулирующем элементе, тем самым повысить КПД источника питания. Большое применение находят системы с ШИМ, имеющие возможность получения высокого КПД, оптимальной частоты преобразования, неизменную частоту пульсаций на нагрузке.

В связи с возросшим интересом радиотехнического мира к ИСН родилась идея о создании линейки лабораторных стендов с методикой лабораторных работ по ним. Занятия на подобных стендах дадут студентам большие возможности в познании ИСН и достаточное количество практики в работе с ними. Работа с актуальными идеями современного мира даст студентам шанс на будущей работе быстрее вникнуть в ход дел, одновременно подтверждая свои теоретические познания практическими навыками.

Цель работы: Создание уникального лабораторного стенда и методических указаний к нему для повышения качества образования студентов в рамках курса «Источники питания».

1. Состояние вопроса

1.1 Обзор существующей лабораторной установки

В процессе прохождения курса «Источники питания» выполняется лабораторная работа «Исследование параметрического стабилизатора напряжения», в которой студенты рассчитывают коэффициент стабилизации k_{cm} и выходное сопротивление схемы $R_{вых}$, снимают осциллограммы напряжения на выходе. Для выполнения данной работы используется универсальный стенд с компьютером (рис.1).



Рисунок 1 – Лабораторный стенд.

Из чего состоит универсальный лабораторный стенд:

- Монтажное поле (1), для монтирования элементов исследуемых схем
- Мультиметры (2), размещены на панелях стенда справа и слева в количестве 2-х штук, для измерения параметров схем: токов, напряжения, сопротивления, коэффициента передачи тока транзисторов, емкости, индуктивности.
- Выход сигнала (3), вход сигнала (5)
- Клеммы выхода синхронизации (4), входа синхронизации (6)
- Входы для снятия характеристик с полевых и биполярных транзисторов (7)

- Персональный компьютер (8) необходим для отображения и фиксирования информации об исследовании электрической схемы
- Источники питания (9) расположены на нижней панели стенда.

Монтажное поле

В процессе проведения лабораторных работ навесные элементы исследуемых схем крепятся к монтажному двустороннему полю (см. рисунок 2) с помощью специальных гнезд, которые закреплены на гетинаксовой пластине.

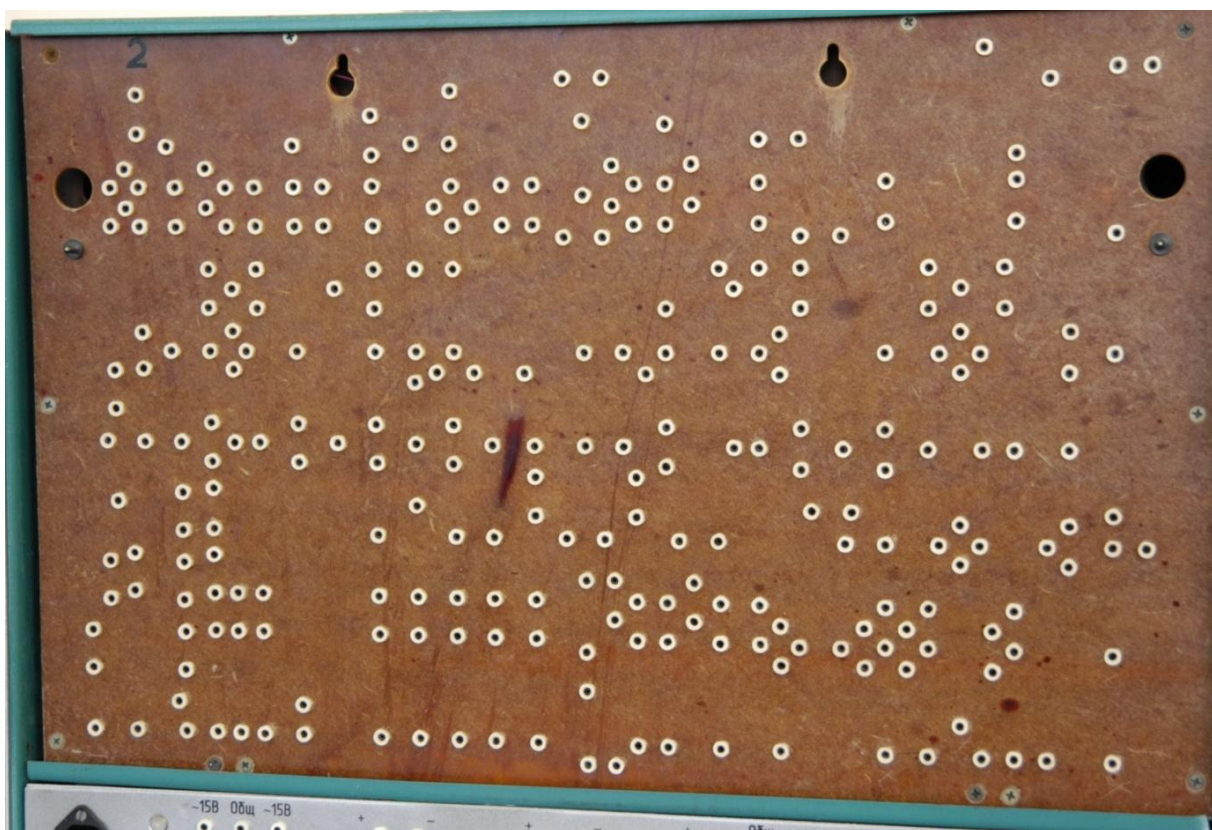


Рисунок 2 –Монтажное поле с гнездами

Для удобства отображения информации на монтажном поле можно закрепить планшеты с рисунками электрических схем, на которых указывается полярность напряжения и полярность однополярных конденсаторов.

Источники питания универсального стенда

Состоящий из независимых источников блок питания необходим для снабжения энергией исследуемых устройств (рис.3):

- ИП1 (постоянное напряжение +5В);
- ИП2 (постоянное напряжение +15 и -15В +15%);
- ГТ источник постоянного тока (0 – 10) мА регулируется рукоятками с разными степенями точности;
- ГТ1 источник постоянного напряжения(+0,5 до -7В), регулируется рукоятками с разными степенями точности;
- ГН2 источник постоянного напряжения(0,5 - 15В)регулируется рукоятками с разными степенями точности;
- ГН3 источник напряжения(0 - 100В), регулируется рукояткой с одной точности;
- ИП3 источник двухполярного напряжения($\pm 12В$).



Рисунок 3 – Источники питания на универсальном стенде

Мультиметры

По обе стороны панели стенда расположены два мультиметра модели UNI-TUT54 для снятия показаний.

Мультиметры отображают различные измеряемые величины, такие как ток (постоянный и переменный), напряжение(постоянное и переменное), сопротивление, емкость, частота, температура (рис.4).



Рисунок 4 – Внешний вид мультиметров модели UNI-TUT54

Оциллограф

В состав стенда так же входит осциллограф, который является приставкой, подключаемой к порту персонального компьютера.

На лицевой панели лабораторного стенда осциллограф присутствует в виде зеленой кнопки вкл/выкл, двух измерительных входов каналов осциллографа и входа синхронизации.

Осциллограф универсального лабораторного стенда:

- Имеет полосу пропускания в 25 МГц и 2 канала
- Является цифровым прибором
- Имеет чувствительность 0,005-15 В/дел
- Имеет частоту выборки 1000 Мвыб/с

- Имеет частоту дискретизации 1 Гвыб/с
- Имеет временную развертку с 20 нс/дел до 100 мс/дел
- Имеет входную чувствительность с 5 мВ/дел до 15 В/дел
- Имеет частоту стробирования с 25 кГц до 50 МГц (при повторяющемся режиме в 1 ГГц)
- Имеет возможность выбора интерполяции (линейная или сглаженная)
- Имеет возможность установки маркеров (для напряжения и частоты)
- Имеет длину записи в 4096 выборок на канал



Рисунок 5 – Лицевая панель лабораторного стенда с мультиметром и

элементами осциллографа.

Генератор

Универсальный функциональный генератор – это приставка, которая подсоединяется к компьютеру через порт и объединена в единую информационную систему с осциллографом. При помощи генератора можно получить на выходе различные сигналы и импульсы: синусоидальные, треугольные и прямоугольные, произвольной формы.

Функциональный генератор отделен от компьютера оптической изоляцией, имеет дополнительный выход синхронизации и может создавать индивидуальные формы сигналов.

Так же генератор имеет хороший диапазон частот от 0,01 Гц до 1 МГц и разрешение по частоте в 0,01% (вертикальное 0,4% от общей шкалы) с максимальной частотой дискретизации в 32 МГц. При подключении нагрузки в 600 Ом обладает диапазоном амплитуды от 100 мВ до 10 В. Генератор отличается низким коэффициентом гармоник синусоиды в 0,08% и выходным импедансом в 50 Ом.

На рисунке 6 мы можем увидеть окно функционального генератора в программе Pc-Lab.

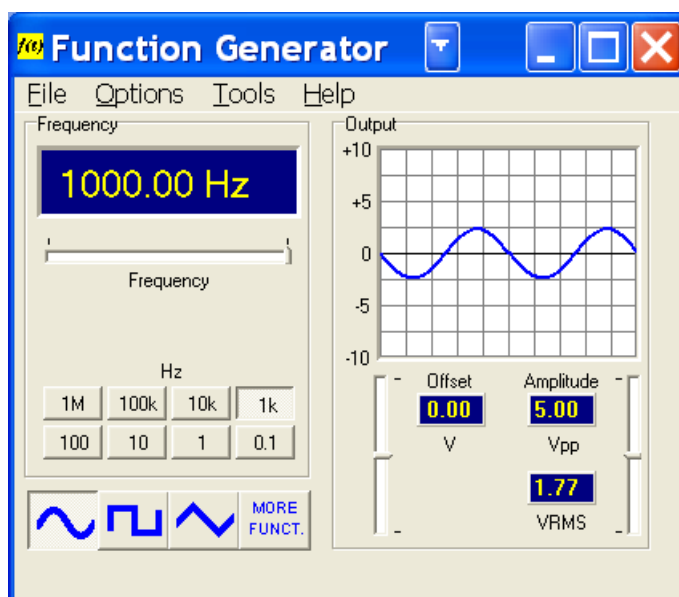


Рисунок 6 – Функциональный генератор

В окне функционального генератора выбирается:

- Форма сигнала, в окне Output;
- Значение частоты в поле Frequency.

Функциональный генератор может быть подключен к исследуемой цепи по стандартному образцу: общий вывод на «землю», информационный - ко входу схемы.

Принцип работы приборов стенда можно подробней изучить в методическом пособии [1].

1.2 Обзор импульсных стабилизаторов напряжения

Импульсные стабилизаторы напряжения - это такие устройства, с помощью которых величин напряжения на нагрузке может оставаться постоянной, а регулирующий элемент работает в ключевом режиме.

Ключевой режим поддерживает очень высокий КПД стабилизатора, выше 90%.

Импульсные стабилизаторы разделяются на стабилизаторы последовательного и параллельного типа. Ключевые элементы таких стабилизаторов - транзисторы различного типа проводимости. Для стабилизации напряжения можно изменять длительность импульсов, оставляя неизменной частоту (ШИР), можно изменять частоту, оставляя неизменной длительность (ЧИР), либо изменять и частоту, и длительность.

На выходе подобных стабилизаторов напряжения всегда ставится сглаживающий фильтр.

На следующей схеме (см. рисунок 7) можно увидеть принцип действия импульсных стабилизаторов.

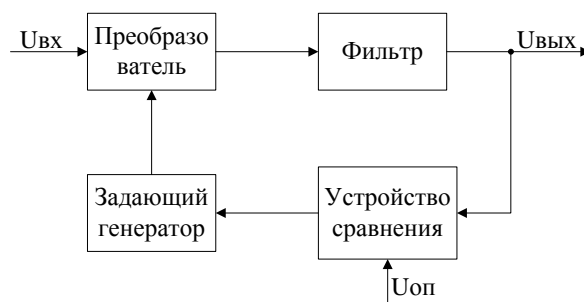


Рисунок 7 – Работа ИСН

Импульсный стабилизатор включает в себя:

- импульсный преобразователь, содержащий регулирующий прибор
- задающий генератор,
- сглаживающий фильтр
- устройство сравнения, которое вырабатывает сигнал, являющийся разностью между выходным и опорным напряжением

По тому, какова схема задающего генератора, управляемого напряжением, можно определить способы регулирования.

На рисунке 8 можно увидеть релейную схему, по которой может быть выполнен простейший задающий генератор с релейным принципом работы.

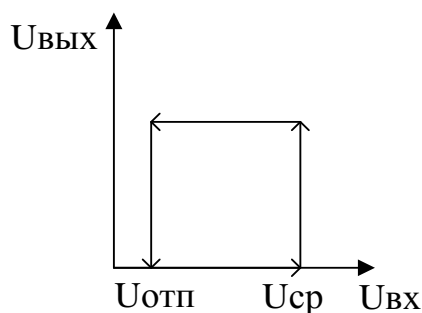


Рисунок 8 – Схема задающего генератора с релейным принципом работы.

Импульсные стабилизаторы напряжения можно разделить по типу входного и выходного напряжения: понижающие, повышающие и инвертирующие. [2]

Однако в данной работе будем использовать информацию исключительно об инвертирующих стабилизаторах. [3]

Инвертирующий стабилизатор

На рисунке 8 мы можем увидеть принципиальную схему инвертирующего ИСН. Параллельно с нагрузкой и источником питания стоит дроссель L . При замыкании ключа S :

- происходит увеличение тока при прохождении через дроссель L ;
- происходит закрытие диода VD ;
- напряжение с конденсатора C прикладывается к нагрузке.

ЭДС самоиндукции катушки L будет приложено обратно напряжению источника питания и напряжению на нагрузке. При размыкании ключа увеличивается напряжение на нагрузке и конденсаторе, ток течет через нагрузку R и диод VD .

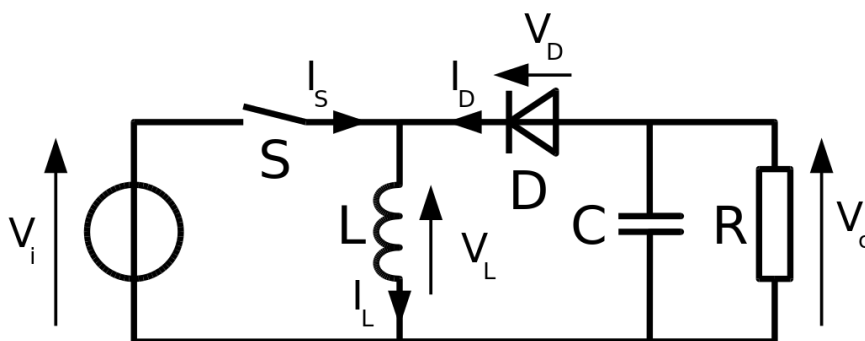


Рисунок 8 - Принципиальная схема ИСН

Инвертирующий ИСН отличается тем, что выходное напряжение стабилизатора может быть больше/меньше по модулю, по сравнению со входным.

Недостатки инвертирующего стабилизатора:

- на диоде падает большое обратное напряжение, равное сумме входного и выходного напряжения
- стабилизатор потребляет импульсный ток

Импульсный инвертирующий стабилизатор на микросхеме NCP3063

Структура микросхемы NCP3063:

- компаратор;
- генератор;
- блок управления;
- возможность контроля выходного переключателя.

Микросхема характеризуется максимальным входным напряжением в 40В, низким током в режиме ожидания, максимальным выходным током в 1,5А, возможностью регулировки выходного напряжения, частотой рабочего

режима в 150 кГц, точностью работы в 1,5% и наличием внутреннего термовыключения с гистерезисом. Блок-схему NCP3063 можно увидеть на рисунке 9.

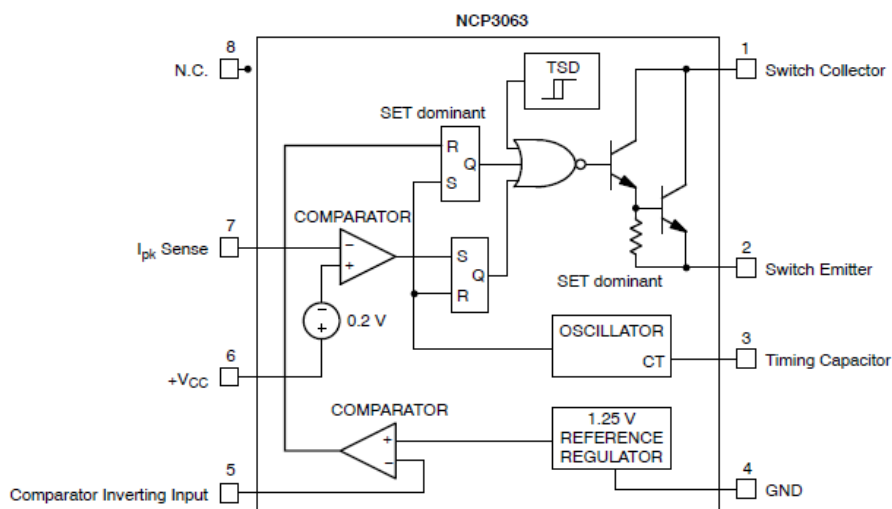


Рисунок 9 - Устройство микросхемы NCP3063

Микросхема NCP3063 - это ИСН, работающий на постоянном токе. С помощью данной микросхемы можно создавать различные преобразователи напряжения (понижающий, повышающий или инвертирующий) без особых ухищрений. Находит свое применение в аппаратах с высокой чувствительностью и в промышленных вариантах. Блок-схема NCP3063 показана на рисунке 9.

NCP3063 – это преобразователь постоянного тока, имеющий возможность регулировать выходное напряжение с помощью генератора, при этом не требующий дополнительных установок для стабилизации. На рисунке 10 мы можем увидеть рабочие осциллограммы данной микросхемы.

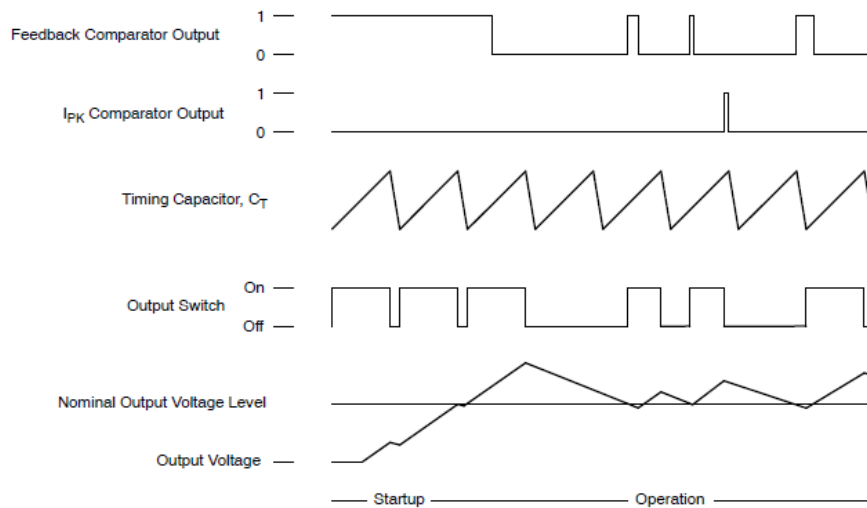


Рисунок 10 – Рабочие осциллограммы NCP3063

Когда начинает работать преобразователь, с помощью обратного компаратора сравниваются уровни выходного напряжения (текущий и номинальный). Если текущий ниже номинального, то генератор подает сигнал на выходной выключатель, заставляя его включаться и выключаться с определенной частотой и скважностью импульсов. Так заряжается выходной конденсатор фильтра. При достижении выходным напряжением номинального уровня, цикл включения будет заблокирован выходным переключателем. При достижении напряжения уровня ниже номинального, начинается следующий цикл.

На рисунке 11 собрана схема инвертирующего стабилизатора на данной микросхеме.

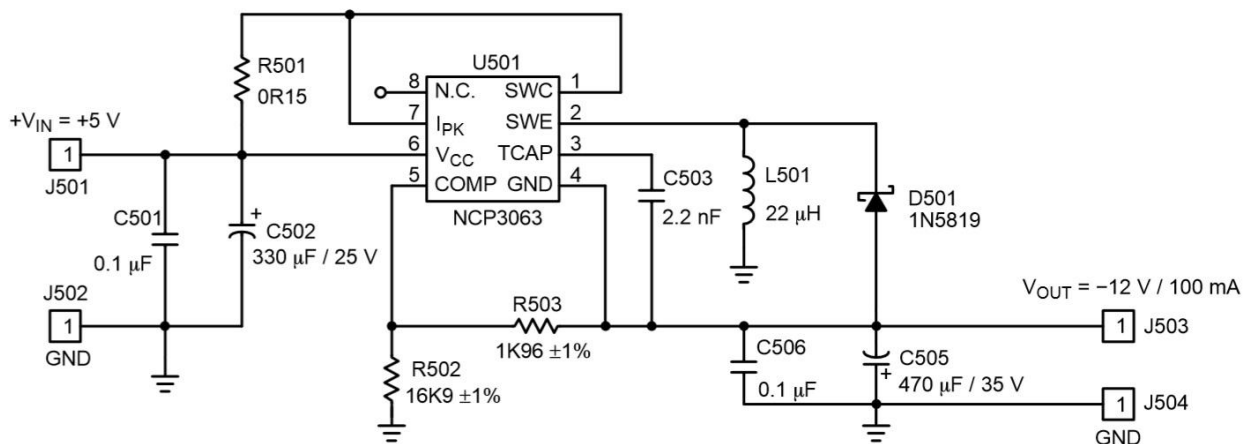


Рисунок 11 – Инвертирующий стабилизатор на микросхеме NCP3063

При замыкании ключа микросхемы, через дроссель L501 будет проходить

ток от источника питания, при этом возрастая. При размыкании ключа, на нагрузке будет приложено напряжение питания и дросселя одновременно. При этом происходит отдача энергии с дросселя в нагрузку, а сила тока уменьшается. Нагрузка будет питаться напряжением конденсатора С506 до тех пор, пока будет закрыт ключ. Диод Шоттки не разряжает конденсатор. [4]

Импульсный инвертирующий стабилизатор на микросхеме MC34063

MC34063 – универсальная микросхема для создания простых импульсных преобразователей.

Основные технические характеристики MC34063

- Входные напряжения: от 3В до 40В;
- Выходной импульсный ток: до 1,5А;
- Возможность регулировки выходного напряжения;
- Частота преобразователя до 100 кГц;
- Точность внутреннего источника опорного напряжения: 2%;
- Возможность ограничить ток КЗ;
- Низкое потребление в спящем режиме.

Как работает MC34063 – обратимся к рисунку 12.

1. Источник опорного напряжения 1,25В;
2. Компаратор, сравнивает опорное напряжение с входным сигналом с входа 5;
3. Генератор импульсов, который сбрасывает RS-триггер;
4. Элемент И объединяет сигналы с компаратора и генератора;
5. RS-триггер устраняет высокочастотные переключения выходных транзисторов;
6. Транзистор драйвера VT2 для усиления тока;
7. Выходной транзистор VT1, обеспечивает ток до 1,5А.

На рисунке 12 можно увидеть внутреннее строение микросхемы MC34063

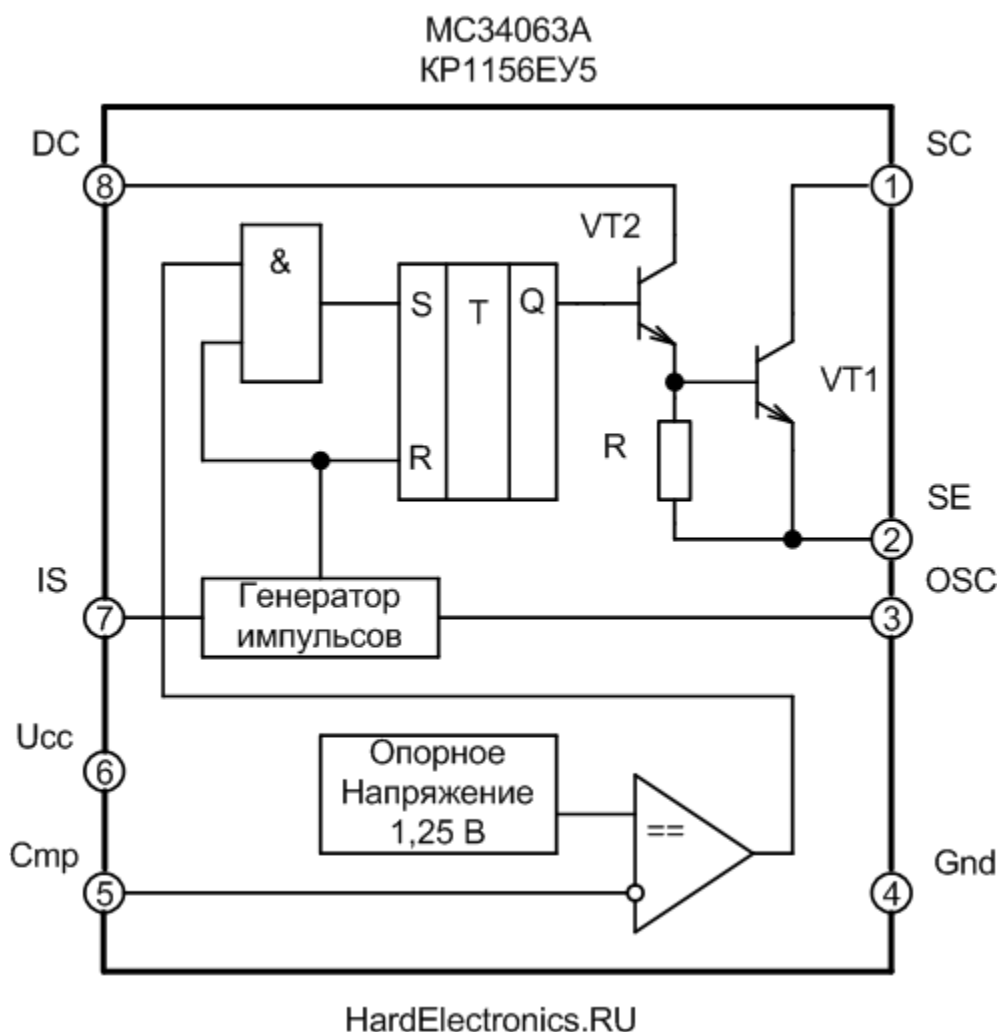


Рисунок 12 – Пояснение работы MC34063

Так как генератор импульса постоянно сбрасывает RS- триггер, то при низком напряжении на входе 5 компаратор будет выдавать сигнал на вход S для установки триггера и включения транзисторов VT2 и VT1. Для того, чтобы транзистор оставался в открытом состоянии больше, чтобы больше энергии было передано со входа на выход, необходимо быстрее подавать сигнал на вход S. Но если на входе 5 напряжение будет больше 1,25В, то триггер не сможет установиться, и энергия на выход схемы передаваться не будет.

Недостатки:

- Большие пульсации выходного напряжения. Необходим дополнительный LC-фильтр.
- Сложное подключение внешнего МДП транзистора.

Инвертирующий импульсный стабилизатор напряжения на данной схеме

можно увидеть на рисунке 12.

Схема позволяет преобразовать напряжение 4,5-6В в отрицательное напряжение -12В с током 100 мА.

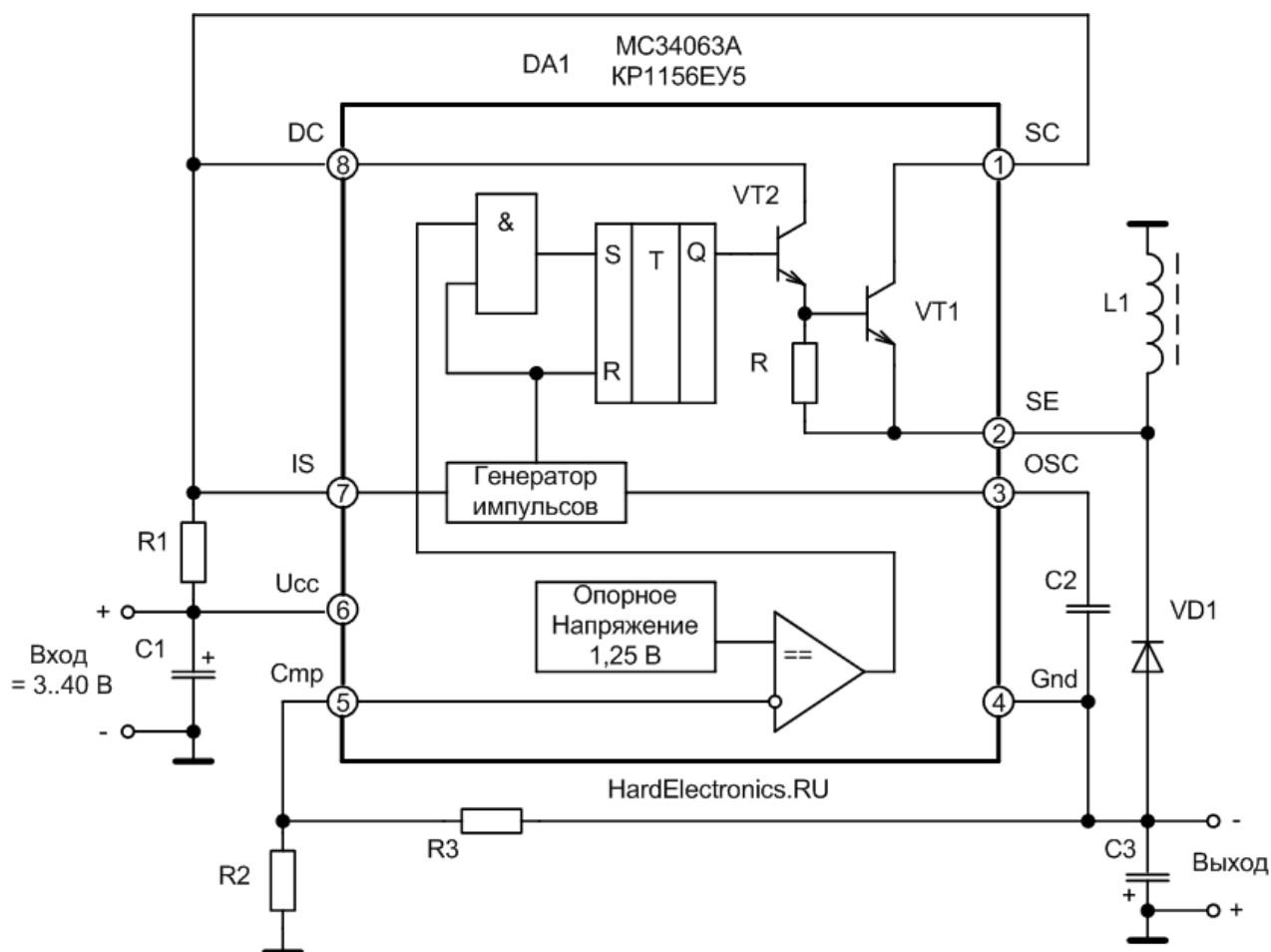


Рисунок 13-Схема инвертирующего стабилизатора на микросхеме MC34063

- C1 – 100 мкФ 10 В;
- C2 – 1500 пФ;
- C3 – 1000 мкФ 16 В;
- DA1 – MC34063A;
- L1 – 88 мкГн;
- R1 – 0,24 Ом;
- R2 – 8,2 кОм;
- R3 – 953 Ом;
- VD1 – 1N5819.

В данной схеме сумма входного и выходного напряжения не должна превышать 40 В. [5]

ИСН LM78S40

LM78S40 – импульсный стабилизатор напряжения, включающий в себя необходимое количество блоков, которые служат для нормальной работы регулятора.

Внутренние блоки:

- температурная компенсация опорного напряжения
- генератор
- блок усиления ошибки
- цепи, ограничивающие ток
- реле выхода, рассчитанное на большие напряжения
- диод питания
- операционный усилитель

При токах, больше 1,5А и напряжении больше 40В, устройством управляют внешние NPN или PNP транзисторы. У данного стабилизатора большой диапазон $U_{пит}$, маленькое рассеивание мощности, большую эффективность и небольшой дрейф сигнала. Поэтому стабилизатор можно использовать в различных системах: автономных, коммутационных или работающих на аккумуляторах.

Особенности:

- Возможность создать повышающую, понижающую или инвертирующую схему;
- $U_{вых}$ от 1,25 В до 40 В;
- Сохраняет работоспособность при токах до 1,5 А без внешних транзисторов;
- $U_{вх}$ от 2,5 В до 40 В
- Потребляет низкий ток в режиме ожидания
- Регулирование нагрузки и небольшая шумность;
- Высокий коэффициент β ;
- ШИМ.

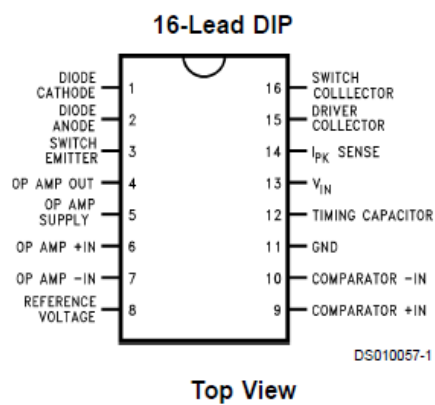
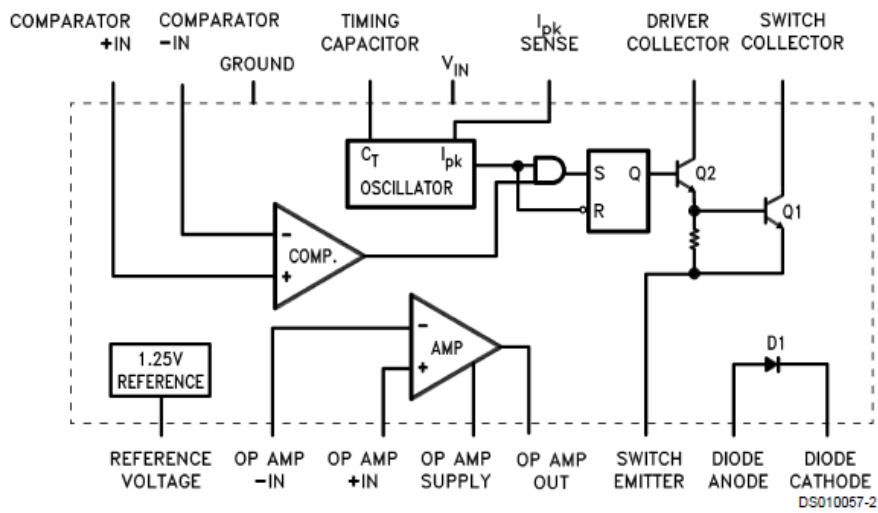
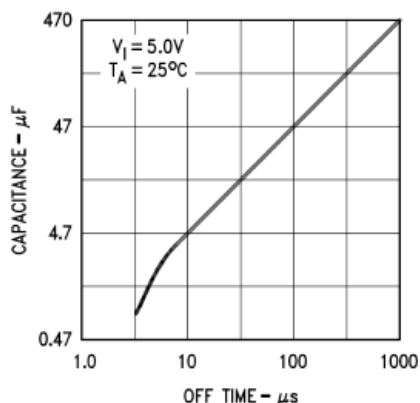


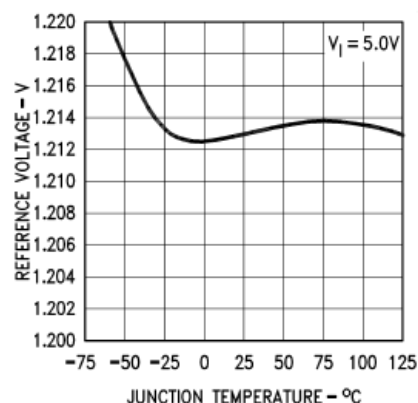
Рисунок 14 – Подключение микросхемы LM78S40

На рисунке 15 можно увидеть базовые характеристики производительности стабилизатора

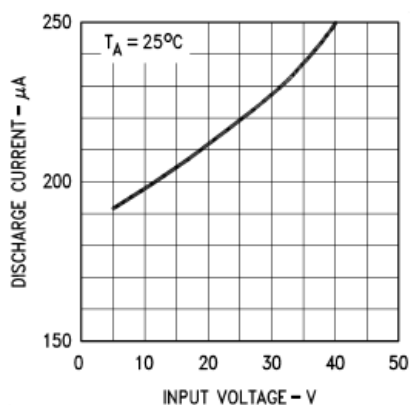
C_T vs OFF Time



Reference Voltage vs Junction Temperature



Discharge Current vs Input Voltage



Current Limit Sense Voltage vs Input Voltage

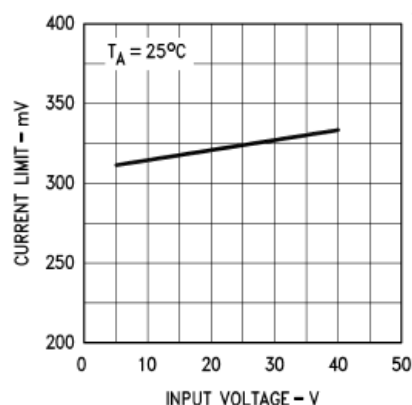


Рисунок 15 – Базовые характеристики LM78S40

Как работает стабилизатор LM78S40:

Стабилизатор LM78S40 работает на переменной частоте, заданной с помощью временного конденсатора. (100 Гц - 100 кГц). Частота и скважность могут быть изменены при помощи устройств ограничения тока и компаратором.

Компаратор меняет время выключения стабилизатора. При средней величины выходного напряжения, на выходе компаратора все равно будет высокий уровень напряжения и влияние на работу схемы компаратор оказывать не будет. Однако, с высоким уровнем напряжения на выходе компаратор появляется низкий уровень, из-за чего компаратор может подавлять включение транзисторов на выходе. При низком уровне положения компаратора ничего не

работает. При увеличении выходного тока происходит уменьшение времени выключения. При приближении выходного тока к максимуму время выключения приблизится к значению минимума. Цикл работы может включать несколько циклов включения, которые регулируются компаратором. Пока первый цикл не закончится, следующий не будет запущен компаратором.

При ограничении тока изменяется время включения. Когда между 13 и 14 выводами величина напряжения достигнет трехсот милливольт ток будет ограничен. При превышении значения тока номинала тока пики будет сброшен цикл синхронизации, то есть сработает ограничитель. При этом, чем больше будет ток нагрузке, тем больше будет частота коммутации.

Для обеспечения стабильности LM78S40 можно обойти источник опорного напряжения (пин 8), а емкость 0,1 пФ должна напрямую подключаться к контакту пин 11.

Схему ИСН можно увидеть на рисунке 16.

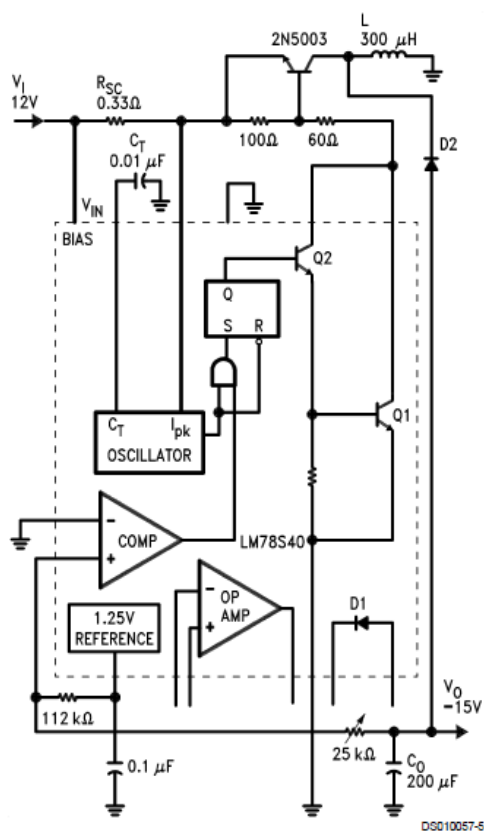


Рисунок 16 – Инвертирующий ИСН на LM78S40

Особенности инвертирующего стабилизатора:

- Увых: -15 В при $I_0 = 100$ мА;

- Регулировка $U_{\text{вых}}$ от 8 В до 18 В;
- Регулировка $I_{\text{н}}$ от 5 мА до 150 мА;
- КПД = 70%

Импульсный инвертирующий стабилизатор напряжения на микросхемах MAX739

Отличительные особенности:

- Выходное напряжение (фиксируется или регулируется) –5 В/-12 В/-15 В,
- Возможность преобразования положительных напряжений в отрицательные
- $P_{\text{вых}}$ - 1.25 Вт
- Эффективность преобразования: 83%
- Потребление тока в состоянии покоя: 1.7 мА
- Потребление тока в режиме Shutdown: 1 мкА
- $U_{\text{вх}}$: от +4 В до +15 В
- Низкий уровень шумов при преобразовании в режиме ШИМ

Области применения:

- Аналоговые цепи обработки сигналов с низким уровнем шумов
- Источники напряжения смещения
- ЭСЛ
- Преобразователи DC/DC
- Оборудование с автономным питанием
- Компьютерная периферия

На рисунке 17 изображена типовая схема включения, а на рисунке 18 можно увидеть расположение выводов микросхемы.

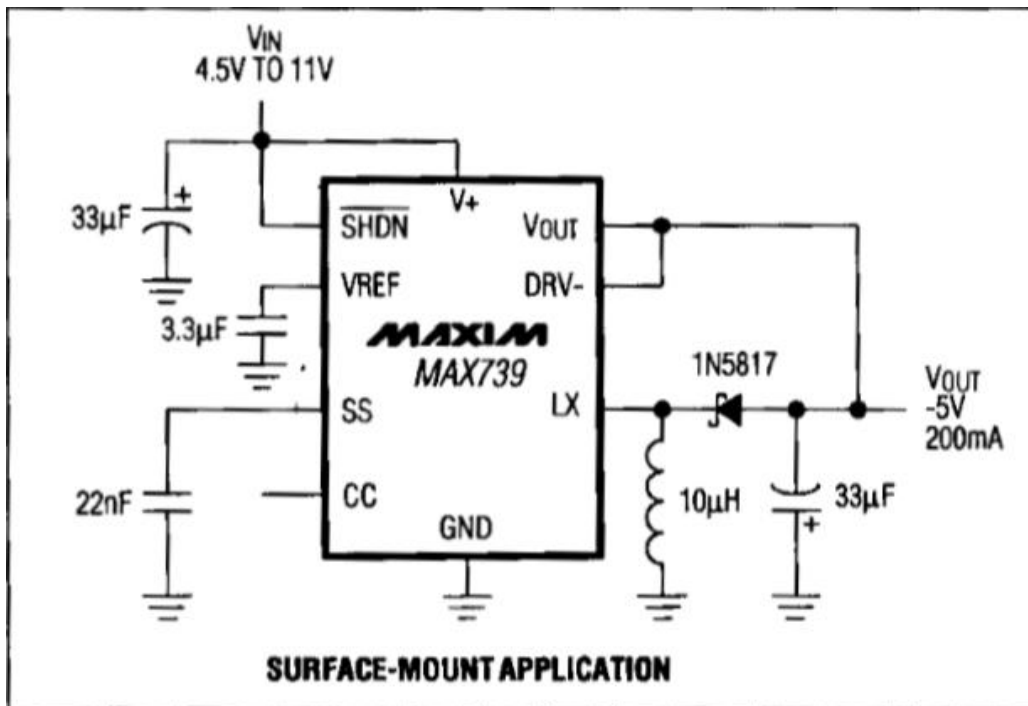


Рисунок 17 – Типовая схема включения микросхемы MAX739

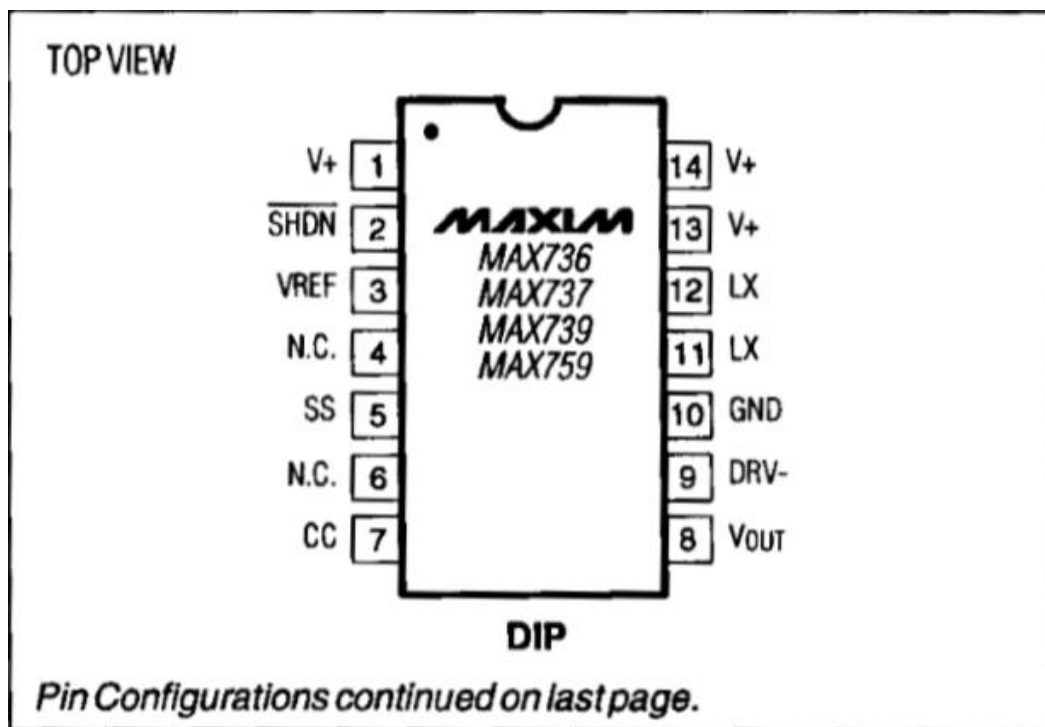


Рисунок 18 – Расположение выводов микросхемы MAX739

Импульсный стабилизатор MAX739 это CMOS стабилизатор, имеет встроенные силовые MOSFET. Гарантируется выходная мощность в 1,25Вт при входном напряжении +4,5В, и 1,5Вт при питании от +6В. MAX739 в покое потребляет 1,7мА, но снижается до 1мкА в режиме Shutdown. Экономия

энергопотребления и высокая эффективность преобразования делает MAX739 отличным выбором для различных приложений.

Импульсный стабилизатор MAX739 имеет фиксированное выходное напряжение в -5 В. Чтобы обеспечить жесткие рамки стабилизации и низкий уровень шумов инвертирующие DC/DC преобразователи используют ШИМ преобразование в токовом режиме. Тактовый генератор имеет фиксированную частоту в 165 кГц. Это довольно просто реализует цепи фильтрации. Погрешность выходного напряжения гарантируется в диапазоне $\pm 5\%$, при специфицированных значениях входного напряжения, нагрузки, и температуры. [7]

Безындуктивные импульсные преобразователи напряжения.

В безындуктивных импульсных преобразователях напряжения в качестве накопителя энергии используются только конденсаторы. Часто такие преобразователи являются инвертирующими. На рисунке 19 изображена структурная схема преобразователя такого типа.

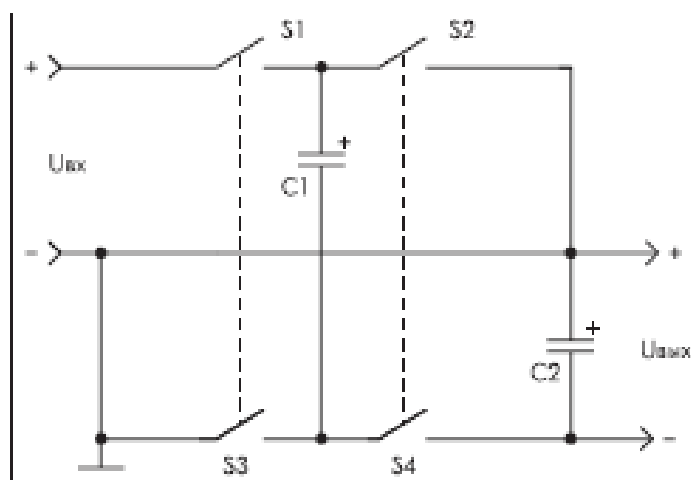


Рисунок 19 – Структурная схема инвертирующего безындукционного преобразователя

Изначально S1 и S3 будут замкнуты, S2 и S4 – наоборот, при этом входным напряжением заряжается C1.

После положение ключей поменяется, а C2 станет заряжаться от C1, начнется второй цикл.

По прохождению некоторого времени – циклов произойдет сравнения

напряжения: выходного отрицательного на С2 и входного положительного.

Однако, по-настоящему, выходное напряжение зависит от частоты коммутации, характеристик конденсаторов, ключей и тока нагрузки. Так величина выходного напряжения несколько меньше входного напряжения. [8]

Универсальный импульсный стабилизатор напряжения на микросхеме К1156ЕУ1

Микросхема 1156ЕУ1 – набор функциональных элементов, имеющий возможность построения импульсного стабилизатора повышающего, понижающего или инвертирующего типа.

Особенности:

- Регулировка выходного напряжения (1.25-40В)
- $I_{\text{вых.имп.}} (<1.5\text{А})$
- $U_{\text{вх}} (2.5-40\text{В})$
- Рабочая частота от 0.1 до 100 кГц
- Время заряда/разряда (10:1)
- Рабочие температуры (от – 60 до +125°C)

На рисунке 20 изображена блок –схема микросхемы К1156ЕУ1, а на рисунке 21 можно увидеть типовую схем инвертирующего стабилизатора. [9]

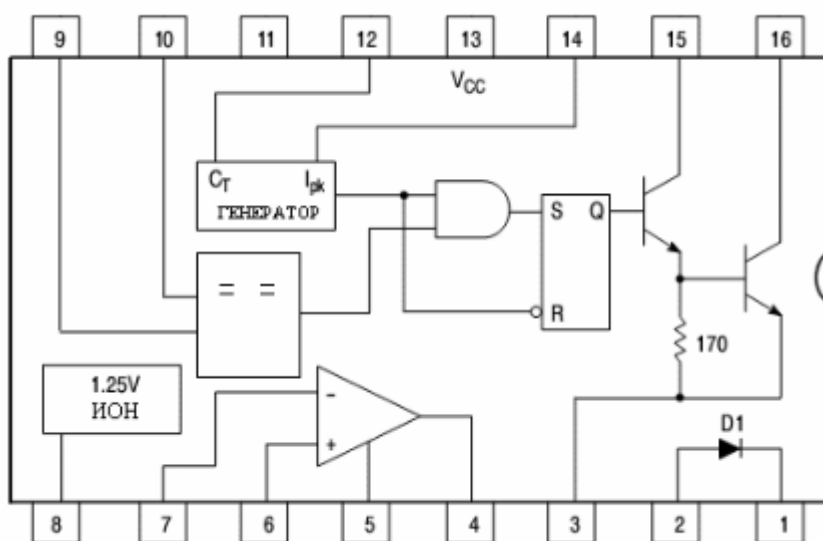


Рисунок 20 – Внутреннее строение К1156ЕУ1

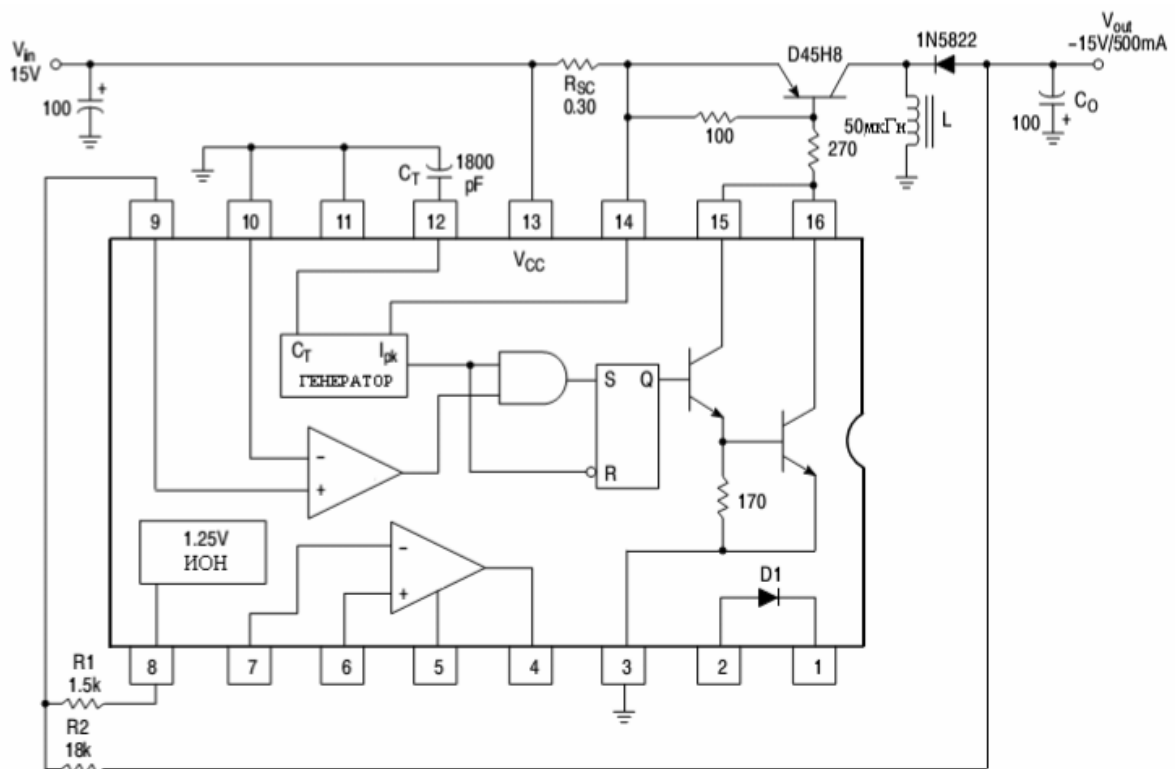


Рисунок 21 –Схема инвертирующего ИСН на K1156EУ1

Инвертирующий стабилизатор постоянного напряжения ADP5074

ADP5074 – инвертирующий стабилизатор постоянного напряжения, обладает высокими техническими характеристиками и используется, чтобы сформировать отрицательные напряжения питания. Входные напряжения стабилизатор варьируются от 2,85В до 15В, поэтому он может использоваться в самых различных областях применения. Для формирования регулируемого отрицательного выходного напряжения в стабилизаторе применен интегрированный ключ цепи питания. Стабилизатор ADP5074 может изменять частоту коммутации с 1,2МГц на 2,4МГц. Так же может синхронизироваться с внешним генератором с частотой от 1МГц до 2,6МГц, чтобы обеспечить фильтрацию шума. Для сокращения уровня электромагнитных помех стабилизатор имеет программируемую схему управления скоростью изменения фронтов в каскаде драйвера МОП транзистора. В стабилизатор ADP5074 (рис. 22)включен таймер мягкого запуска с фиксированным или программируемым интервалом для предотвращения броска тока при включении (с помощью

внешнего резистора). При выключении стабилизатор полностью отключает нагрузку от цепи входного питания. Для индикации стабильного состояния выходного напряжения стабилизатор имеет вывод «питание в норме».

Функции ADP5074:

- защита от перегрузки по току;
- защита от перегрузки по напряжению;
- отключение при перегреве;
- блокировка при просадке входного напряжения.

ADP5074 выпускается в 16-выводном корпусе LFCSP и имеет рабочий диапазон температур перехода от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

Области применения ADP5074

- Усилители, АЦП, ЦАП и мультиплексоры с биполярным питанием
- Быстродействующие преобразователи
- Смещение усилителей мощности (УМ) ВЧ
- Питание оптических модулей

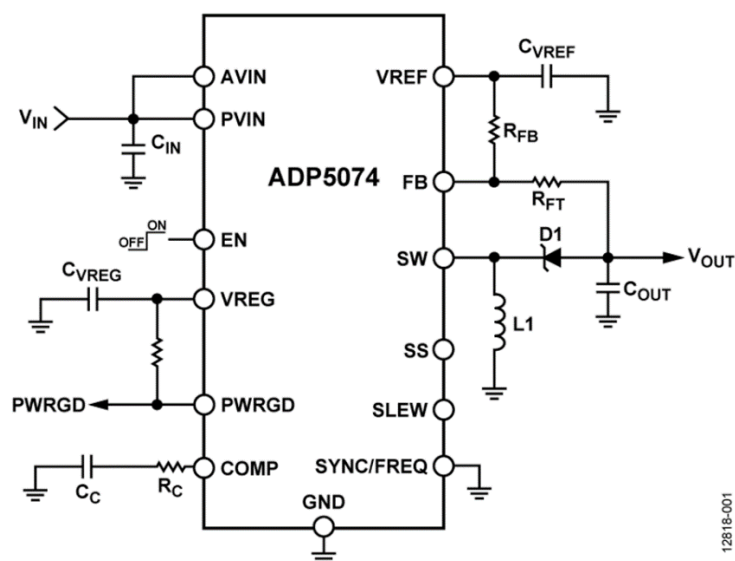


Рисунок 22 – Стабилизатор напряжения на микросхеме ADP5074

Особенности ADP5074

- Входные напряжения: 2.85 В - 15 В
- Возможность регулирования выходного напряжения до – 39 В
- Интегрирован ключ цепи питания на 2.4 А
- Частота коммутации 1.2 МГц/2.4 МГц с возможностью синхронизации от внешнего сигнала с частотой от 1.0 МГц до 2.6 МГц
- Таймер мягкого запуска (с регулировкой от резистора)
- Возможность управления скоростью фронтов для уменьшения шума в системе
- Вход разрешения с прецизионным порогом
- Выход "питание в норме"
- Функции защиты
- 16-выводный корпус LFCSP, 3 мм × 3 мм
- Рабочая температура перехода от –40°C до +125°C [10]

Импульсный стабилизатор напряжения IL33063AD/N.

IL33063AD/N– это интегральная микросхема импульсного регулятора напряжения (рис. 23), реализует свои основные функции для конвертирования DC-DC. Содержит:

- источник опорного напряжения;
- компаратор;
- внутренний генератор;
- мощный выходной ключ.

Работает в понижающих, повышающих и инвертирующих импульсных источниках питания с входным напряжением от 3 до 40 В и минимальным числом внешних компонентов.

Характеристики стабилизатора напряжения IL33063AD/N:

- Диапазон входных напряжений от 3,0 до 40 В
- Ток потребления не более 4 мА
- Возможность ограничения по току
- Iвых ключа до 1,5 А
- Регулируемое Uвых

- Частоты до 100 кГц
- Точность внутреннего источника опорного напряжения 2%

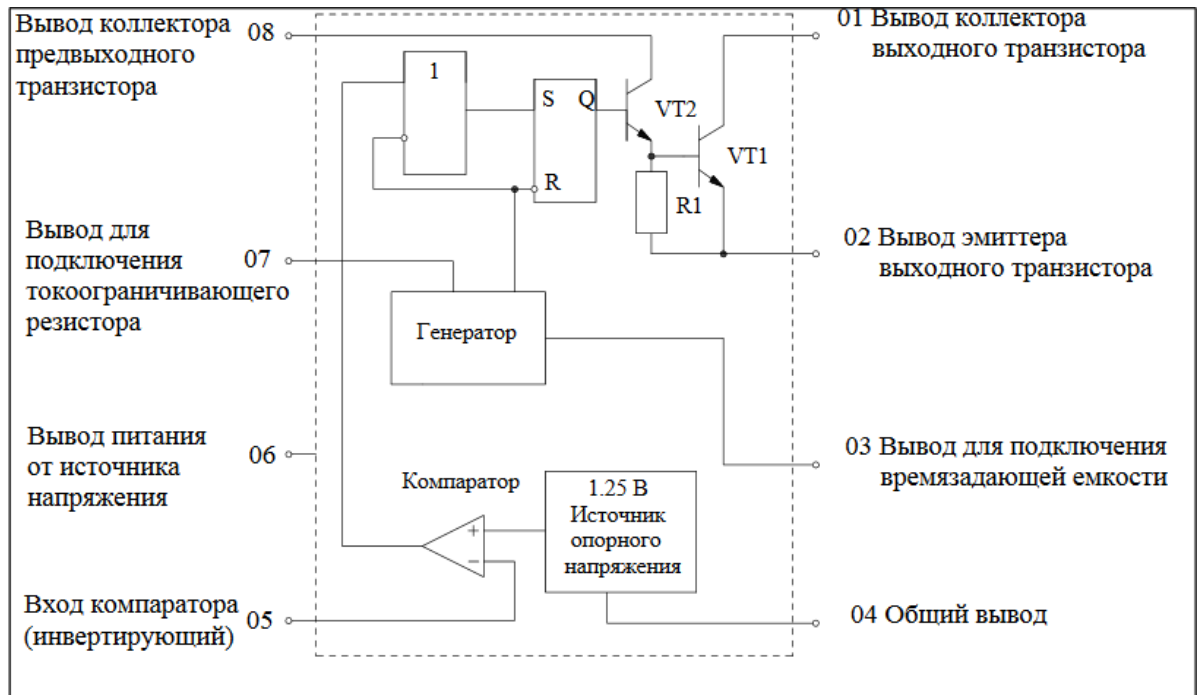


Рисунок 23 – Структурная схема IL33063AD/N

На рисунке 24 изображена типовая схема инвертирующего ИСН на IL33063AD/N

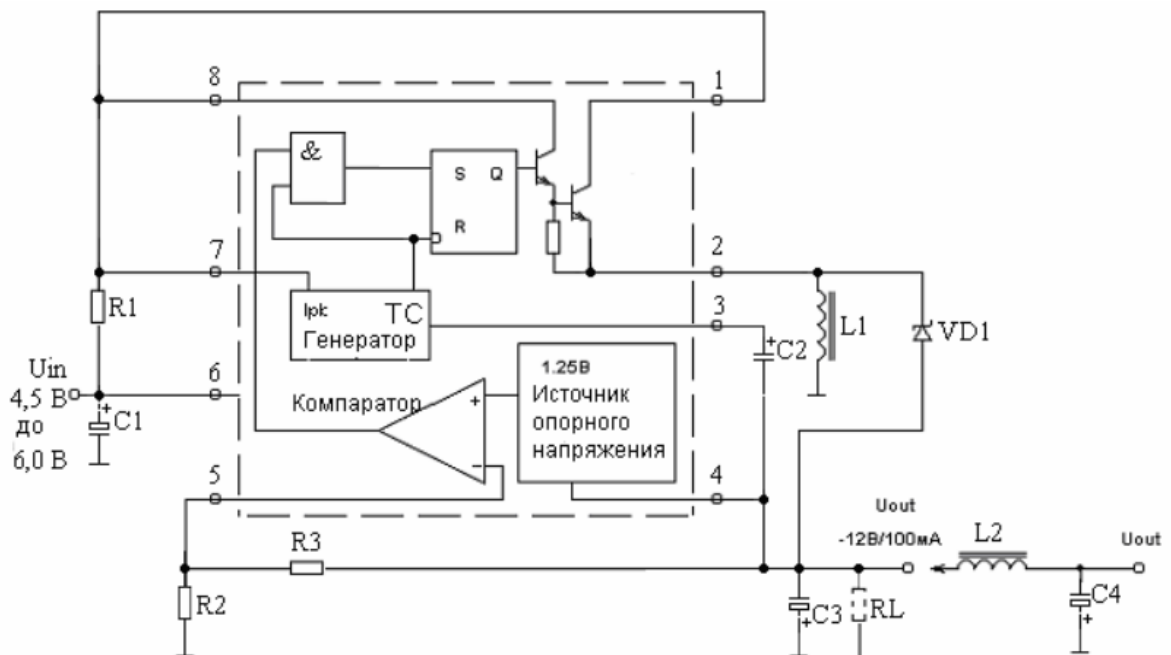


Рисунок 24 – Схема инвертирующего ИСН на IL33063AD/N

Характеристики и типовые значения [11].

Импульсный стабилизатор напряжения LM1578A

LM1578A - это импульсный стабилизатор, который легко настраивается для преобразования постоянного тока и имеет возможность быть импульсным понижающим/повышающим/инвертирующим ИСН(рис.25).

У LM1578A уникальный входной каскад компаратора, который включает в себя независимые контакты для инверсного и неинверсного входов, встроенный источник опорного напряжения в 1.0 В. Трансформируемость конструкции достигается возможностью преобразования вывода до 750мА (он так же имеет выходные контакты для коллектора и эмиттера). В зависимости от применения внешний вывод ограничителя можно изменять с «земли» на V_{in} и наоборот. LM1578A имеет встроенный генератор, который устанавливает частоту коммутации с единым внешним конденсатором в диапазоне от 1 Гц до 100 кГц.
[12]

ОсобенностиLM1578A:

- Инверсные и неинверсные входы для обратной связи
- $U_{оп}$ на входах 1.0 В
- Работа при 2 В – 40 В
- Выходной ток до 750 мА, режим объёмного заряда менее 0.9 В
- Ограничение тока и тепловая защита
- КПД до 90%

Применяется:

- Импульсный понижающий стабилизатор, импульсный повышающий стабилизатор, инверсный стабилизатор и односторонний трансформатор.
- Для регулирования частоты вращения двигателя
- Как импульсная лампа

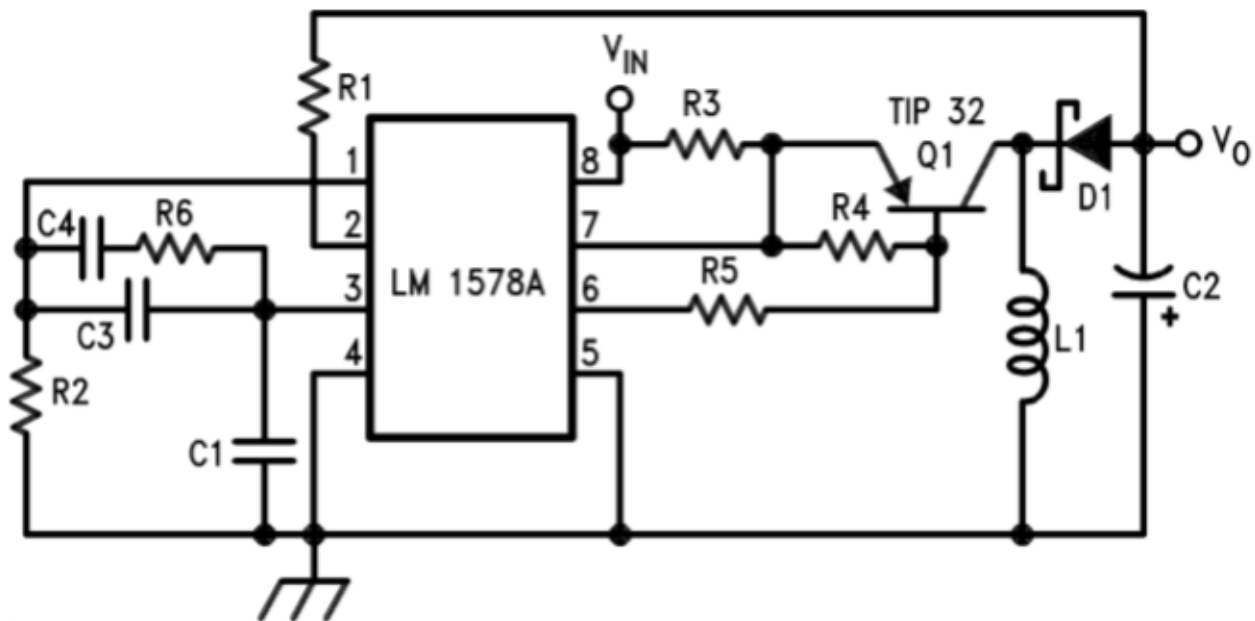


Рисунок 25 – Типовая схема инвертирующего стабилизатора напряжения LM1578A

1.3 Задачи бакалаврской работы

- Упростить и улучшить конструкцию стенда
- Выбрать и рассчитать схему импульсного стабилизатора
- Модернизировать данную схему
- Разработать методику измерения параметров
- Разработанную методику свести в методические указания

2. Основная часть.

2.1 Расчет схемы стабилизатора

При расчете модернизированной схемы импульсного стабилизатора часть номиналов величин была выбрана на основе документации, прилагаемой к схеме выбранного стабилизатора (п.1.2.2. рис.18): номиналы конденсаторов С4-С5-С6-С7, индуктивности L1, стабилитрона VD8, резисторов R4 и R5.

Для того, чтобы обезопасить устройство от скачка тока в момент подачи на вход схемы питания были выбраны диоды VD1-VD5 с максимальным током в 1А.

Стабилизаторы STU1 и STU2 выбраны на 12 и 8 В для создания на выходе схемы разных порогов напряжения.

Транзисторы VT1 и VT2 подобраны под пороговые напряжения стабилизаторов, имеют большой номинальный ток.

Стабилитроны VD6, VD7, VD9, VD10 подобраны к величинам напряжения открытия транзисторов.

Резистор R4 после серий экспериментов было решено изменить номиналом с 16.9 до 20 кОм для увеличения максимального выходного напряжения в -13 В.

Резистор R6 выбран таким образом, что при подключении нагрузки схема стабилизирует напряжение до -10 В.

Емкость конденсатора С7 было решено заменить с 470 мкФ на 33мкФ для быстроты переключения схемы.

2.2 Модернизация схемы

Схему импульсного инвертирующего стабилизатора напряжения из п. 1.2.2 модернизировали до следующего устройства (рис.26)

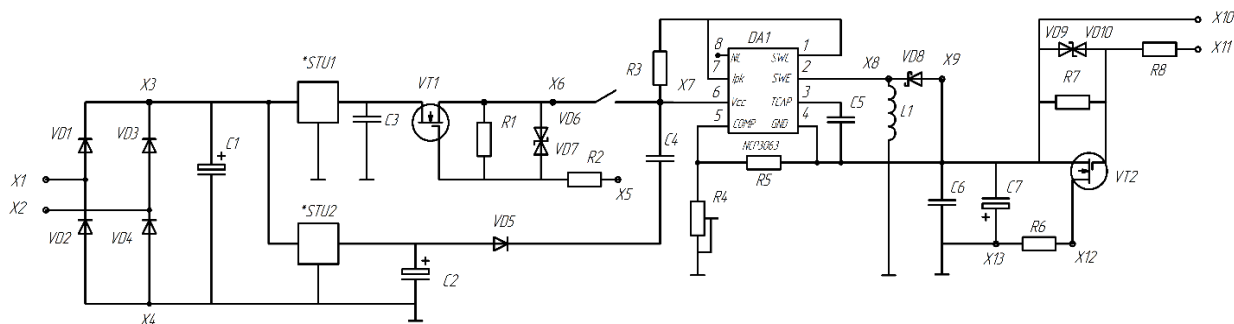


Рисунок 26 – Модернизированная схема импульсного инвертирующего стабилизатора напряжения

На вход схемы (X1, X2) подается питание в 12В, 50 Гц, диодный мост на выпрямительных диодах VD1-VD4 преобразует переменное напряжение сети в постоянное. Стабилизаторы STU1[19] и STU2 [20] пропускают сигнал амплитуды в 12В и 8В соответственно. Когда на транзистор VT1 не подается управляющий сигнал, работает стабилизатор на 8В, на микросхему подается сигнал со стабилизатора STU2. При работе транзистора VT1 на микросхему подается сигнал со стабилизатора STU1 с амплитудой 12В.

В микросхеме NCP3063 между выходами 1 и 2 стоит транзистор-ключ. При его открытии, ток идет от выхода 2 через дроссель L1 на землю, тем самым давая дросселю возможность накапливать энергию. Когда транзистор-ключ закрывается, напряжение на дросселе L1 меняет свою полярность, и направляет ток от дросселя через «землю» на конденсаторы C6 и C7, после через диод Шоттки VD8 обратно на дроссель. В этот промежуток времени энергия, запасенная дросселем, сбрасывается на конденсаторы C6 и C7. При открытом транзисторе ток на конденсаторы не поступает из-за диода Шоттки, и конденсаторы разряжаются на нагрузку в виде резистора R6. С помощью конденсатора C5 задается частота переключения транзистора – ключа.

2.3 Конструкция лабораторного стенда

Для корпуса стенда была выбрана модель BOX-G765 (рис.27). На его лицевой панели закреплен макет схемы. (рис. 28).



Рисунок 27 – Корпус BOX-G 765

Корпус BOX-G 765 производится из пластика марки UL-94НВ. Габаритные размеры составляют, по длине 156мм, по ширине 180мм и по высоте 52мм. Внутри на поверхности корпуса отлиты стойки и направляющие для горизонтального вертикального размещения плат. [13]

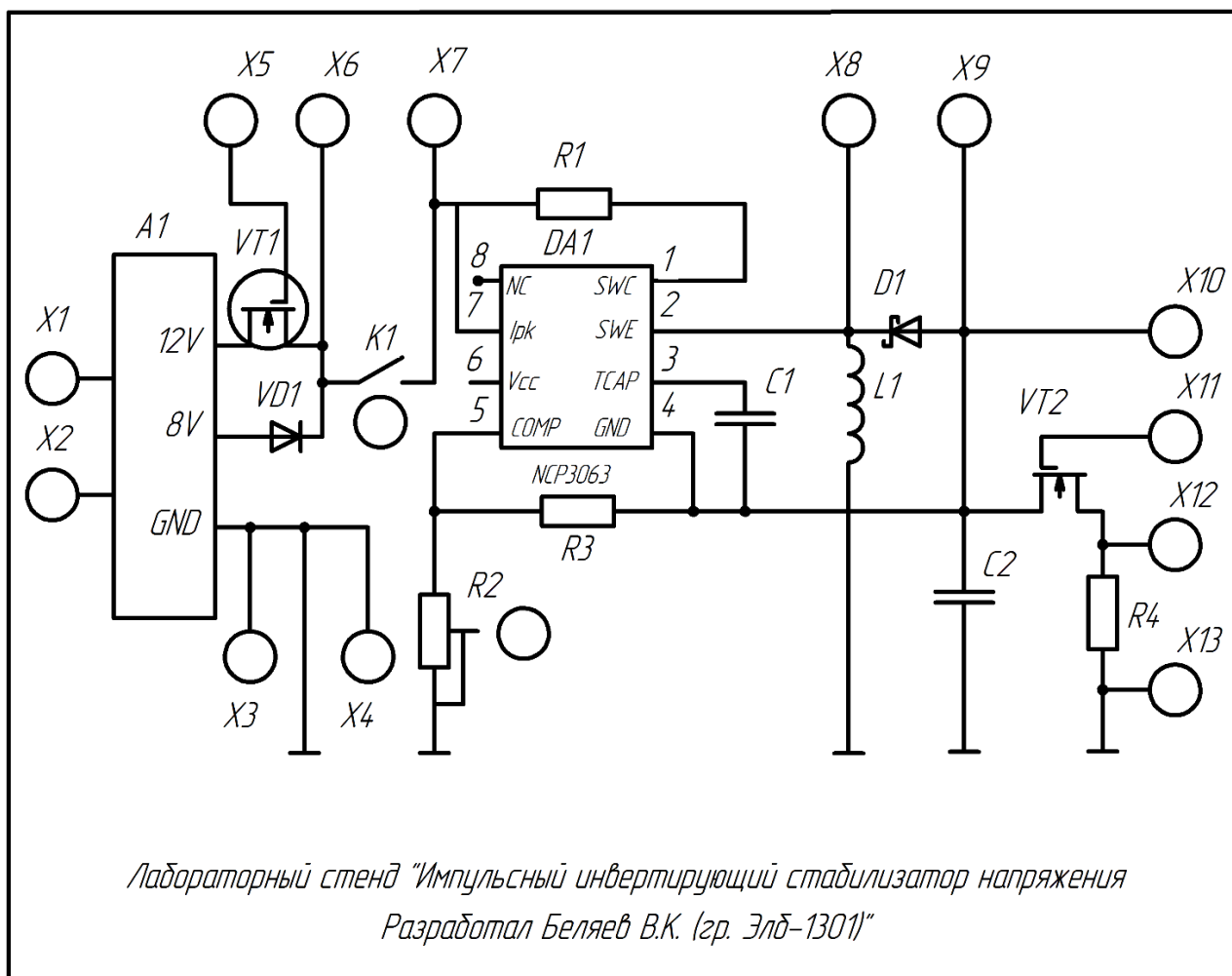


Рисунок 28 – Макет исследуемой схемы для лицевой панели стенда
 Макет – распечатанная на листе А4 схема, заламинированная пленкой с жесткостью в 250 микрон.
 В коробе стенда, в местах подключения штекеров для снятия характеристик просверлены 13 отверстий по 6мм в диаметре, еще 2 просверлены для выхода ручки переменного резистора и ключа по 7мм и 6 мм. Внутри коробка закреплен печатный узел (рис. 29).

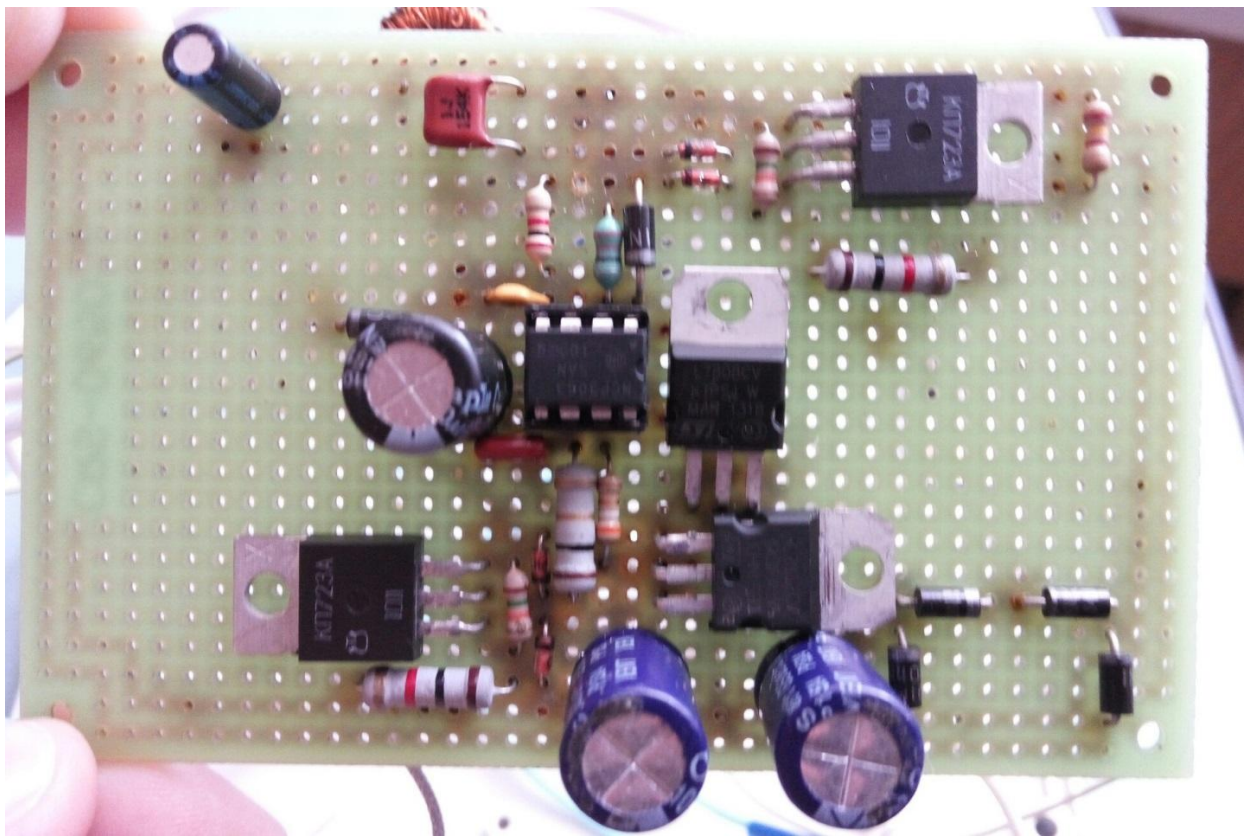


Рисунок 29 – Печатный узел схемы

Печатный узел изготовлен собственноручно из макетной платы (рис. 30) и радиоэлементов. На макетной плате исследуемая схема собрана с помощью пайки. Элементы соединены между собой гибкими проводами (рис.31).

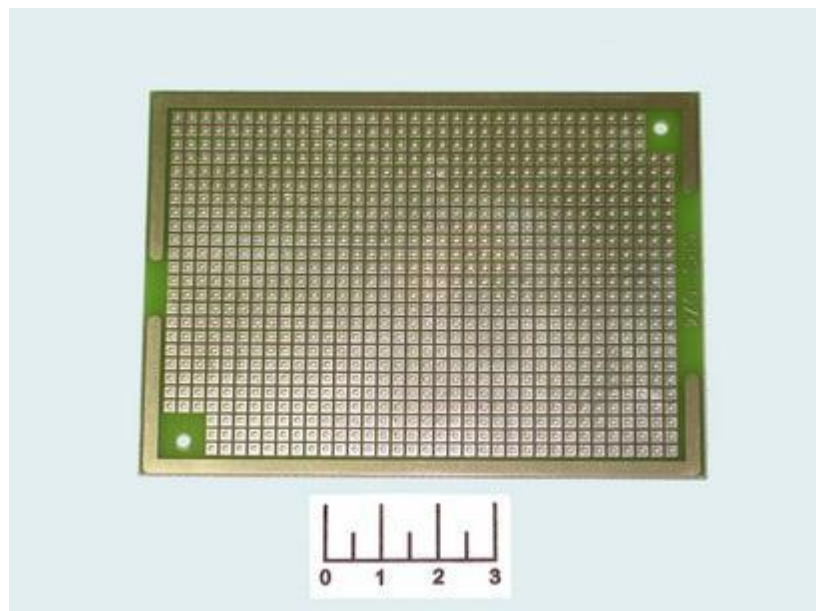


Рисунок 30 – Макетная плата CRS-074

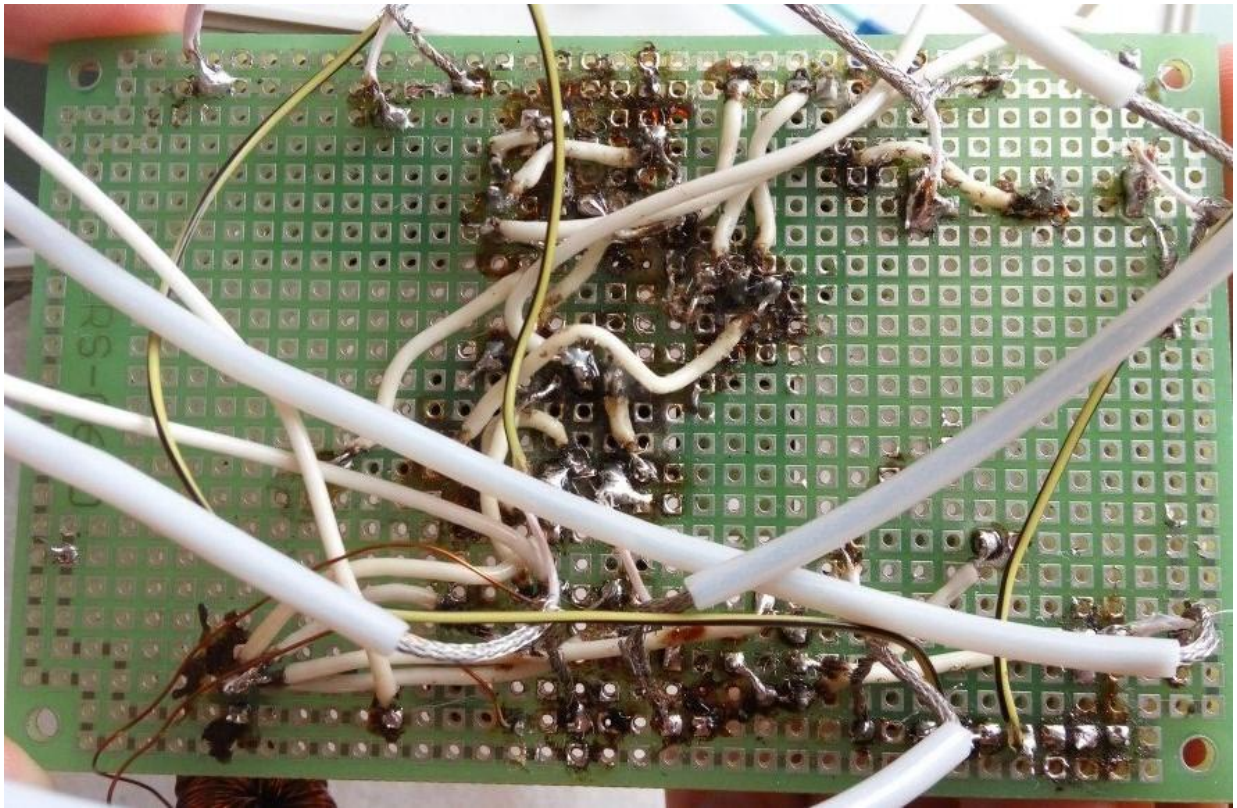


Рисунок 31 – Собранная схема на макетной плате

Выводы измерительных гнезд (рис. 32), переменного резистора R4 и ключа проводами с дополнительной изоляцией [14] крепятся в соответствующих отверстиях на крышке корпуса.



Рисунок 32 – Гнездо лабораторного стенда

В процессе пайки[15] использовались следующие материалы:

- Канифоль твердая в баночке (рис. 33)



Рисунок 33 – Канифоль

- Паяльное устройство SOLDERINGIRON мощностью 25W(рис. 34)



Рисунок 34 – Паяльник

- Припой ПОС-61 (рис.35)



Рисунок 35 – Припой

2.4 Методика измерения параметров

При проведении лабораторной работы студент будет использовать:

- Лабораторный стенд «Импульсный инвертирующий стабилизатор напряжения»
- Блок источников питания с универсального стенда
- Генератор импульсов универсального стенда
- Электронный осциллограф-приставку
- Программу PC-Lab 2000[16] на персональном компьютере

До того, как включить лабораторный стенд, необходимо удостовериться, что блоки генератора, источников питания и осциллографа выключены.

Последовательность измерения параметров

- I. Запускаем на персональном компьютере программу PC-Lab 2000. В ней включаем генератор, задаем частоту его импульсов 50 Гц, форма импульсов – прямоугольная. V_{pp} – амплитуда напряжения выбирается из режима работы транзисторов VT1 и VT2.
- II. На точки X1 и X2 подаем питание, перед каждым снятием характеристик необходимо перевести ключ К в НИЖНЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ.

Снятие характеристик для расчета коэффициента стабилизации. [17]

- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -2В, снимаем осциллограммы с точек X7, X3, X10, X13 (см. рис.36)
- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -5.5В, снимаем осциллограммы с точек, как в прошлом опыте
- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -9В, снимаем осциллограммы с точек, как в прошлом опыте

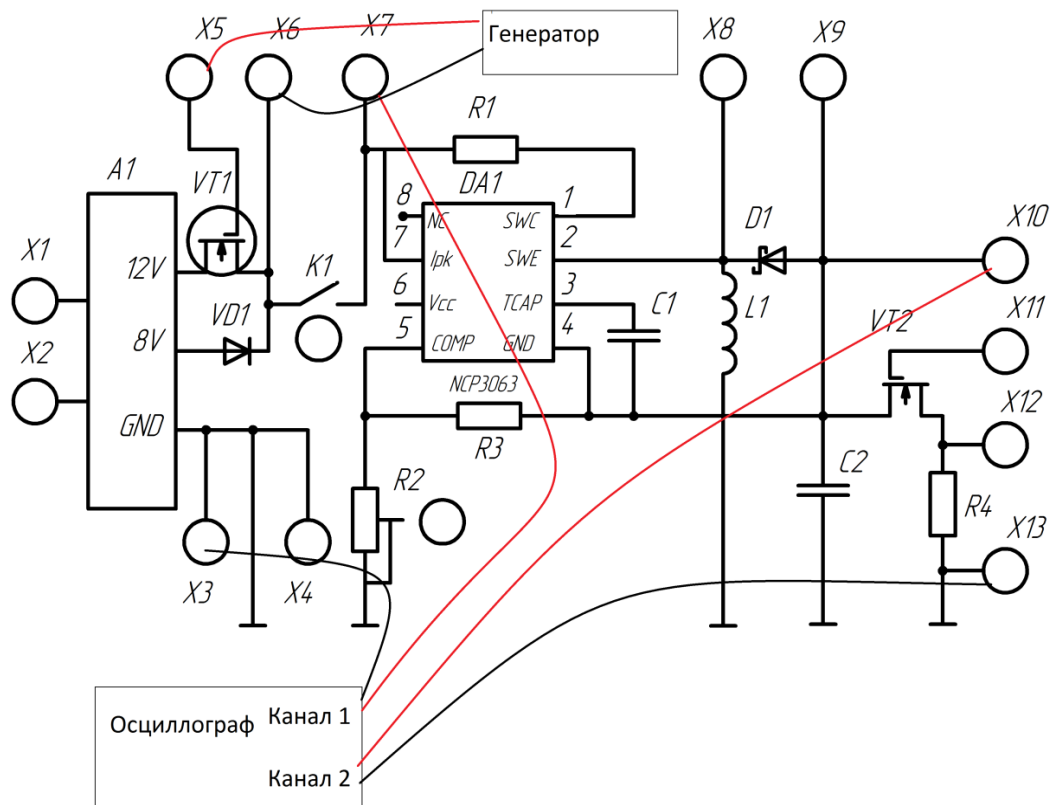


Рисунок 36 – Измерение характеристик схемы для расчета коэффициента стабилизации

Снятие характеристик для определения выходного сопротивления.[17]

- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -2В, снимаем осциллограммы с точек X12, X13, X9, X4. (см. рис.37)
- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -5.5В, снимаем осциллограммы с точек, как в прошлом опыте
- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -9В, снимаем осциллограммы с точек, как в прошлом опыте

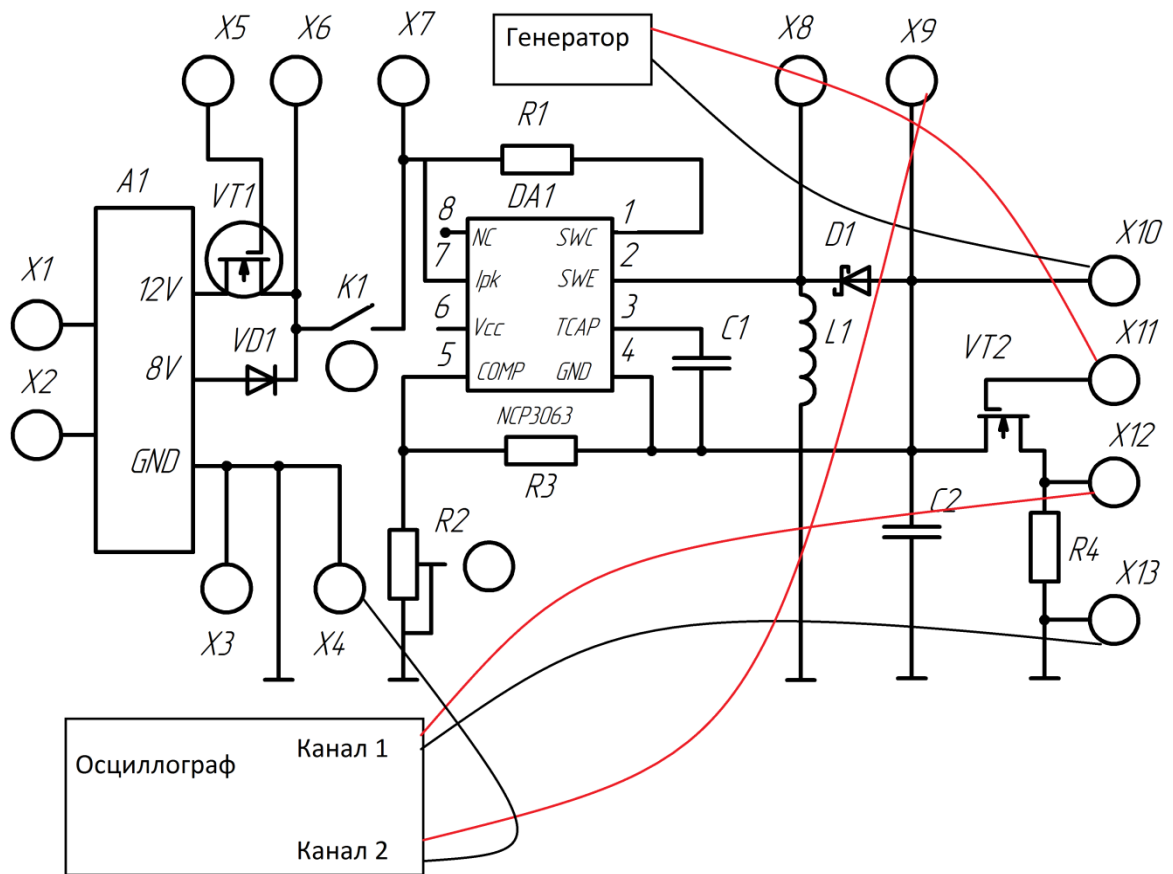


Рисунок 37 – Измерение характеристик схемы для расчета выходного сопротивления

Снятие характеристик выходного напряжения микросхемы (необходимо соединить точки X11 и X12 для включения в схему нагрузки)

- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -2В , снимаем осциллограммы с точек X8, X3 (см. рис.38)
- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -5.5В , снимаем осциллограммы с точек, как в прошлом опыте
- Устанавливаем переменным резистором напряжение выхода -9В , снимаем осциллограммы с точек, как в прошлом опыте

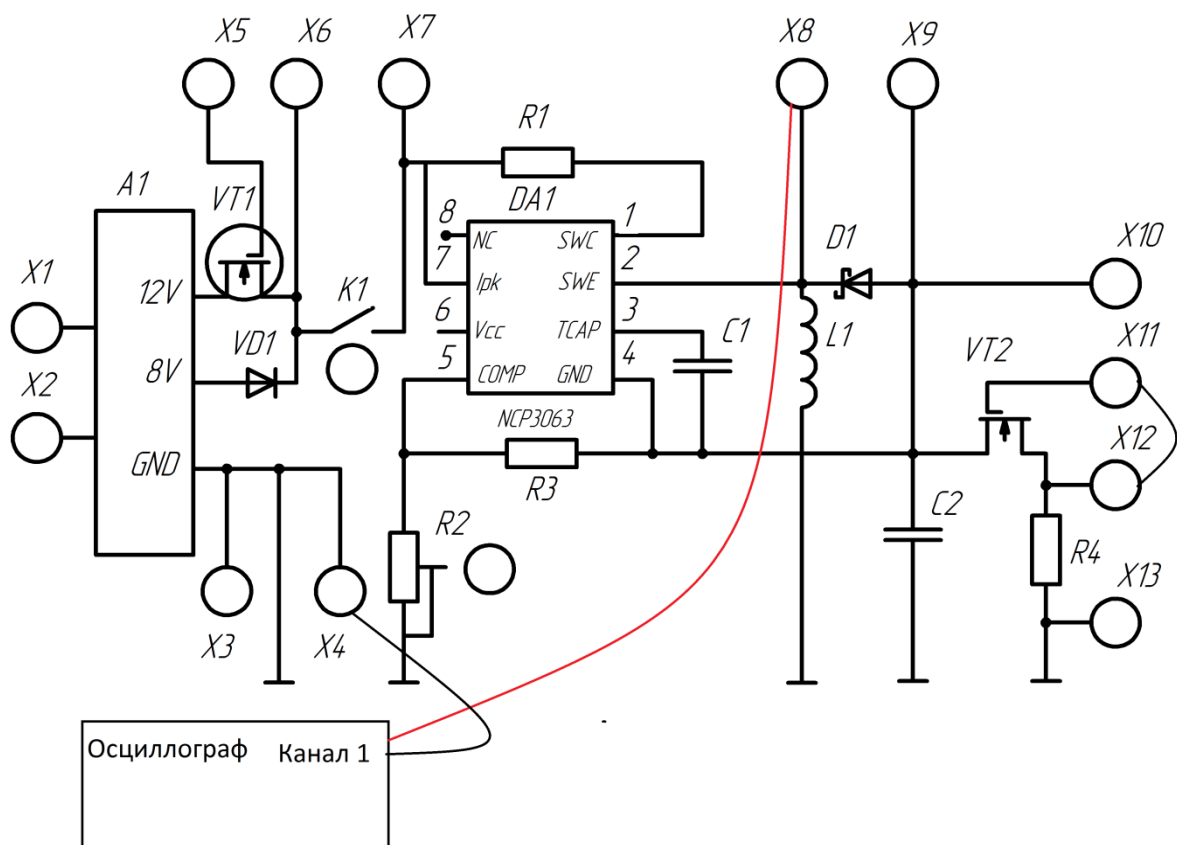


Рисунок 38 – Измерение выходного напряжения микросхемы
 Исследуемые величины ($\Delta U_{ВХ}$, $\Delta U_{ВЫХ}$, $U_{ВХ.СР}$, $U_{ВЫХ.СР}$, $U_{ВХ.МАХ}$, $U_{ВХ.МІН}$) будем определять по осциллограммам, полученным при изучении работы стенда:

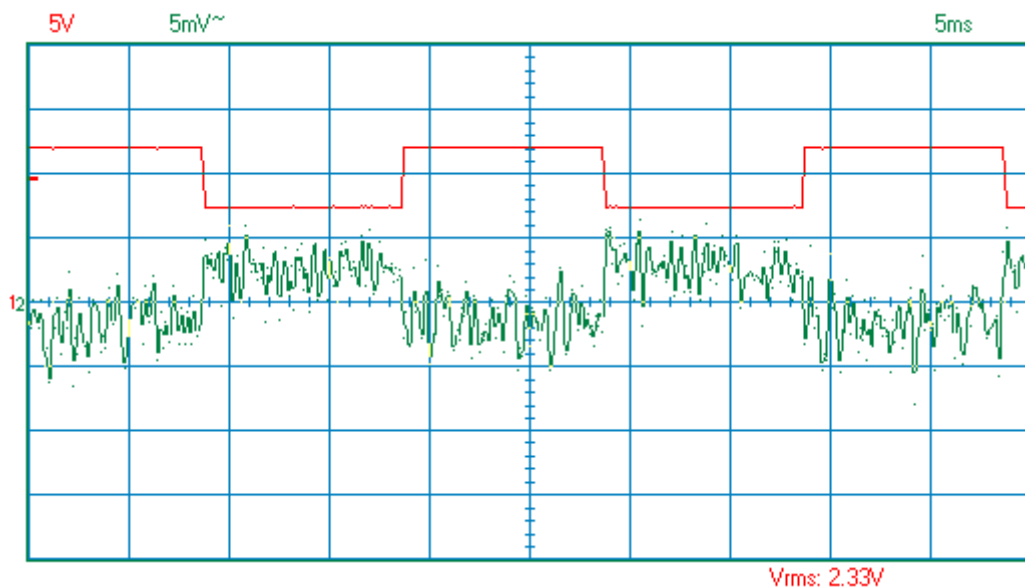


Рисунок 39 – Осциллограмма выходных пульсаций и входного напряжения

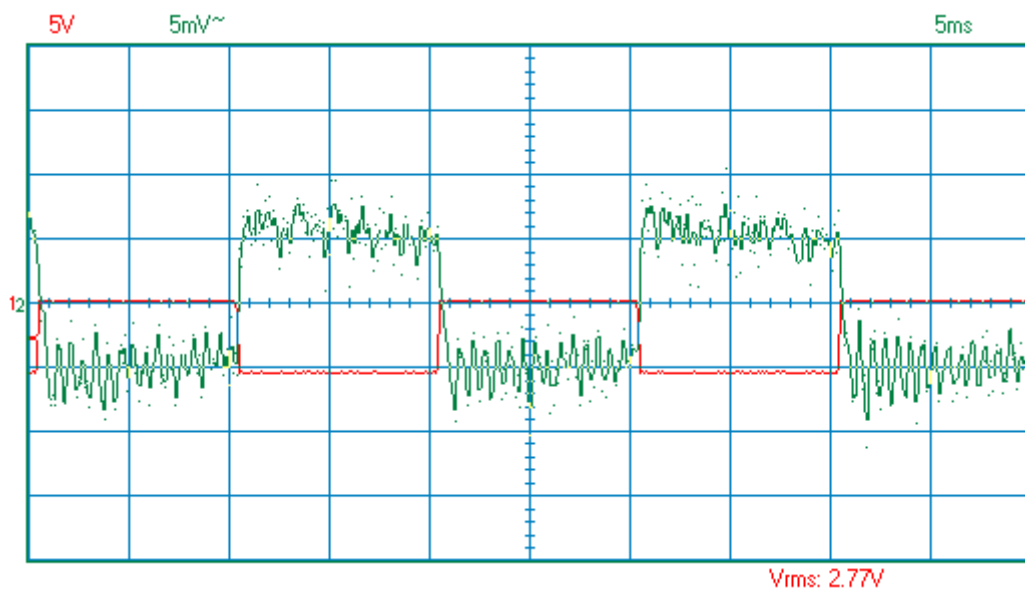


Рисунок 40 –Осциллограмма выходных пульсаций и выходного напряжения

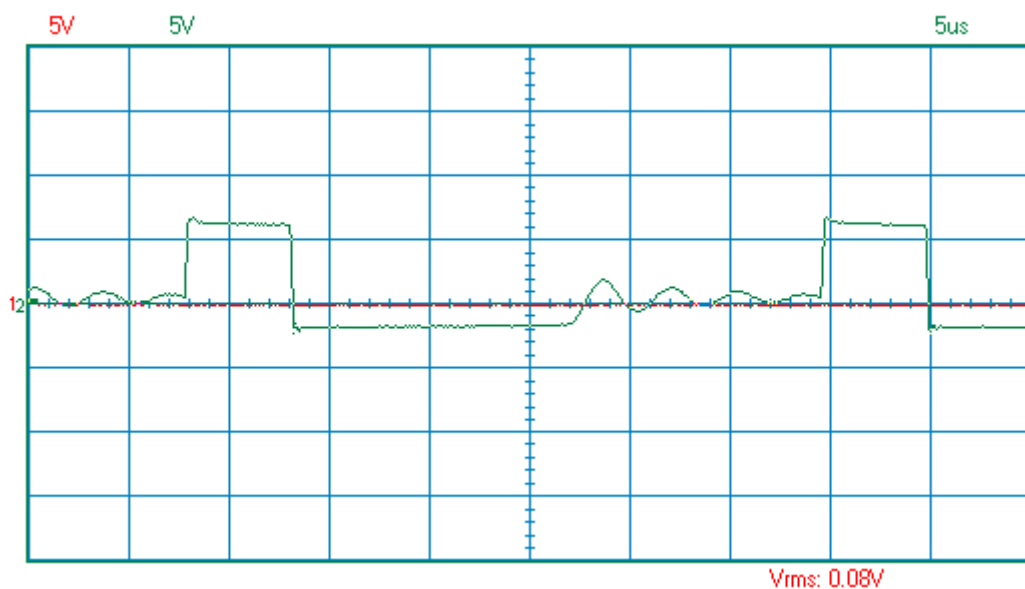


Рисунок 41 – Осциллограмма напряжения на выходе микросхемы NCP3063

В конце работы рассчитываем коэффициент стабилизации k_{CT} и выходное сопротивление $R_{ВЫХ}$.

- Рассчитаем коэффициент стабилизации:

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

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

$\Delta U_{ВЫХ}$ - изменение выходного напряжения;

- Рассчитаем выходное сопротивление:

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

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

$\Delta U_{ВЫХ}$ - изменение выходного напряжения;

$\Delta I_{ВЫХ}$ - изменение выходного тока стабилизатора, которое рассчитывается так:

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

$U_{ВЫХ}$ - выходное напряжение стабилизатора;

R_H - сопротивление нагрузки (номинал сопротивления R6).

2.5 Экспериментальные исследования

В процессе испытаний стенда были сняты 9 осциллограмм в 3-х различных опытах:

- Для расчета коэффициента стабилизации $k_{СТ}$
- Для расчета выходного сопротивления
- Осциллограммы напряжения на выходе микросхемы для углубленного понимания ее работы

На данных осциллограммах определяем следующие величины:

$$\Delta U_{ВХ}, \Delta U_{ВЫХ}, U_{ВХ.СР}, U_{ВЫХ.СР}, U_{ВХ.МАХ}, U_{ВХ.МИН}.$$

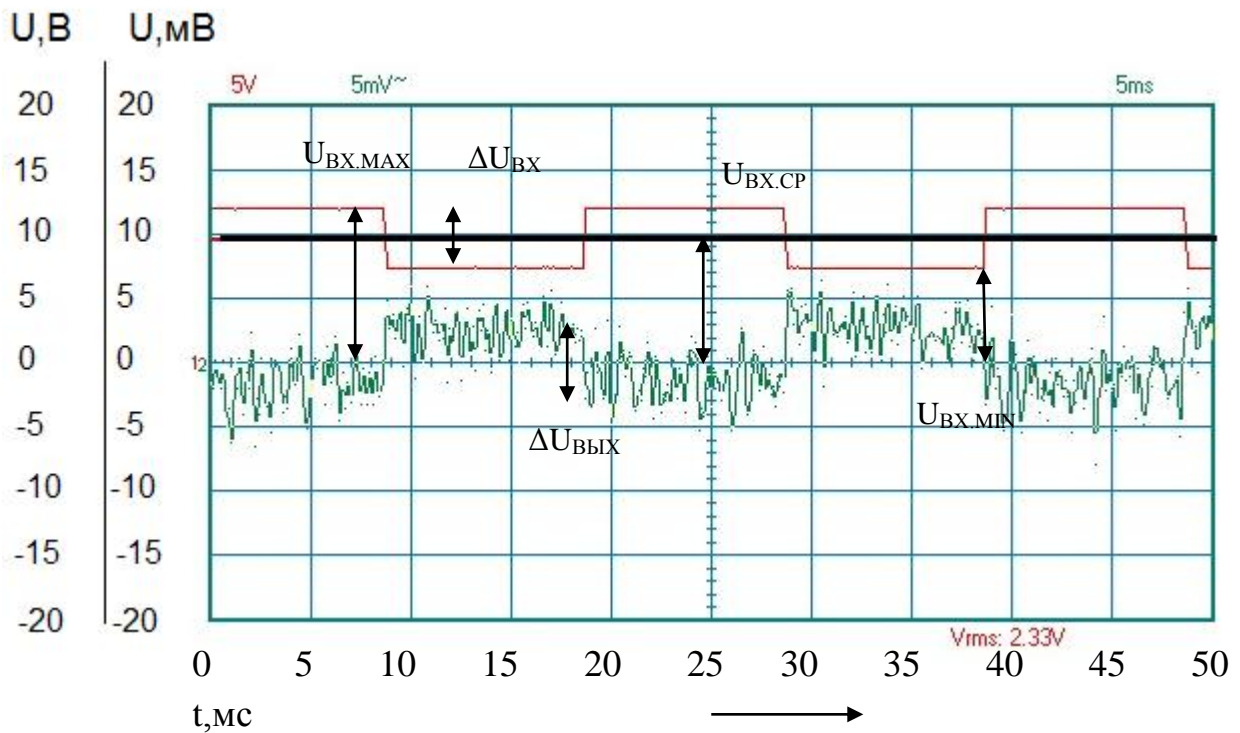


Рисунок 42 – Осциллограмма выходного и входного напряжений ($U = -2V$)

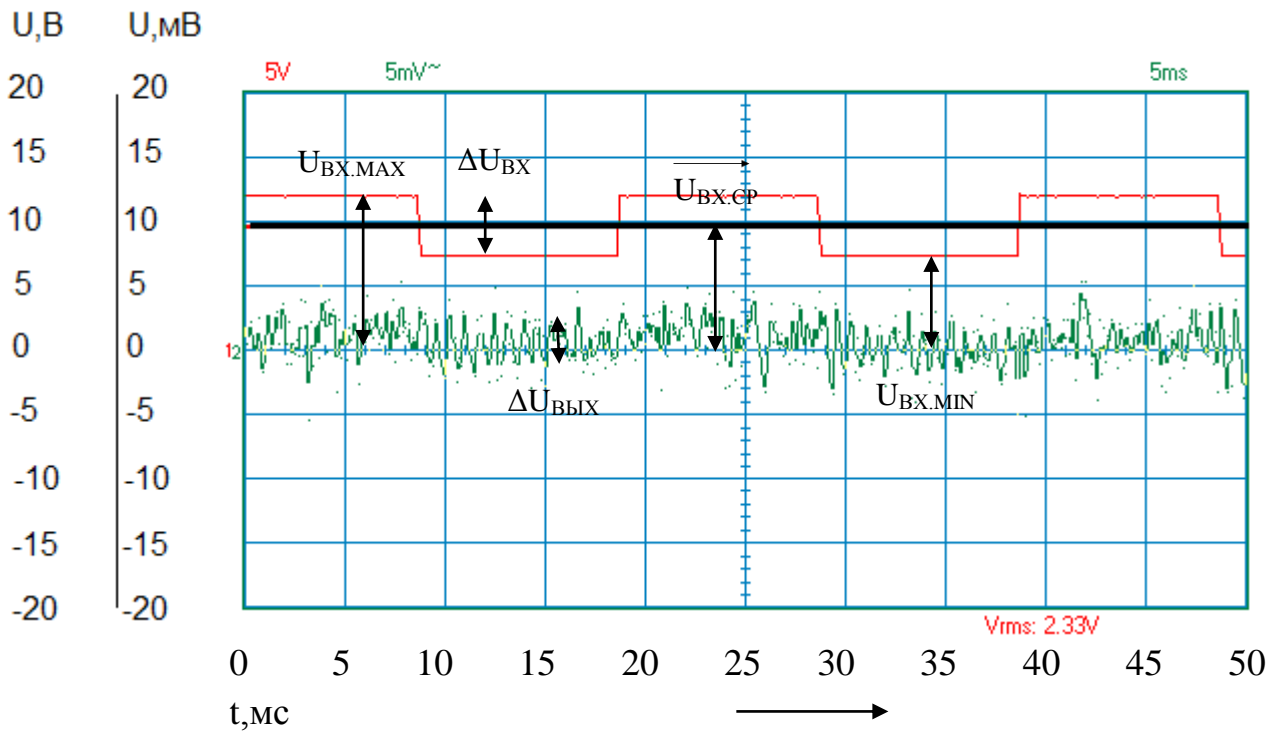


Рисунок 43 – Осциллограмма выходного и входного напряжений ($U = -5.5V$)

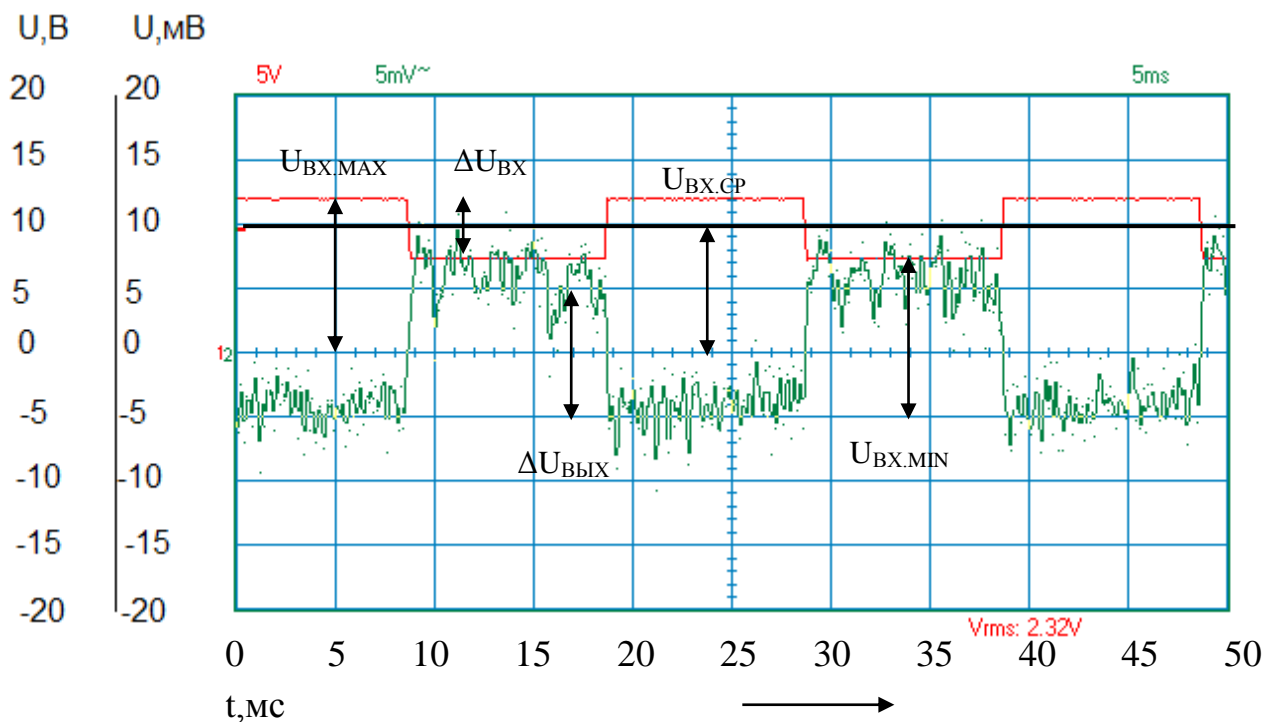


Рисунок 44 – Осциллограмма выходного и входного напряжений ($U = -9В$)

Сведем нужные характеристики с осциллограмм в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений для расчета коэффициента стабилизации

Выходное напряжение	-2В	-5.5В	-9В
$\Delta U_{BX}, В$	5,3	5,2	5,1
$\Delta U_{BЫX}, мВ$	6,34	4,12	10,2
$U_{BX.MАХ}, В$	12	12	12
$U_{BX.MIN}, В$	7,5	7,5	7,5
$U_{BX.СР}$	10	10	10

По записанным значениям рассчитаем коэффициент стабилизации:

$$k_{cm.(2В)} = \frac{5,3}{0,00634} \cdot \frac{2}{10} = 167,2;$$

$$k_{cm.(5.5В)} = \frac{5,2}{0,00412} \cdot \frac{5,5}{10} = 694,2;$$

$$k_{cm.(9В)} = \frac{5,1}{0,0102} \cdot \frac{9}{10} = 45.$$

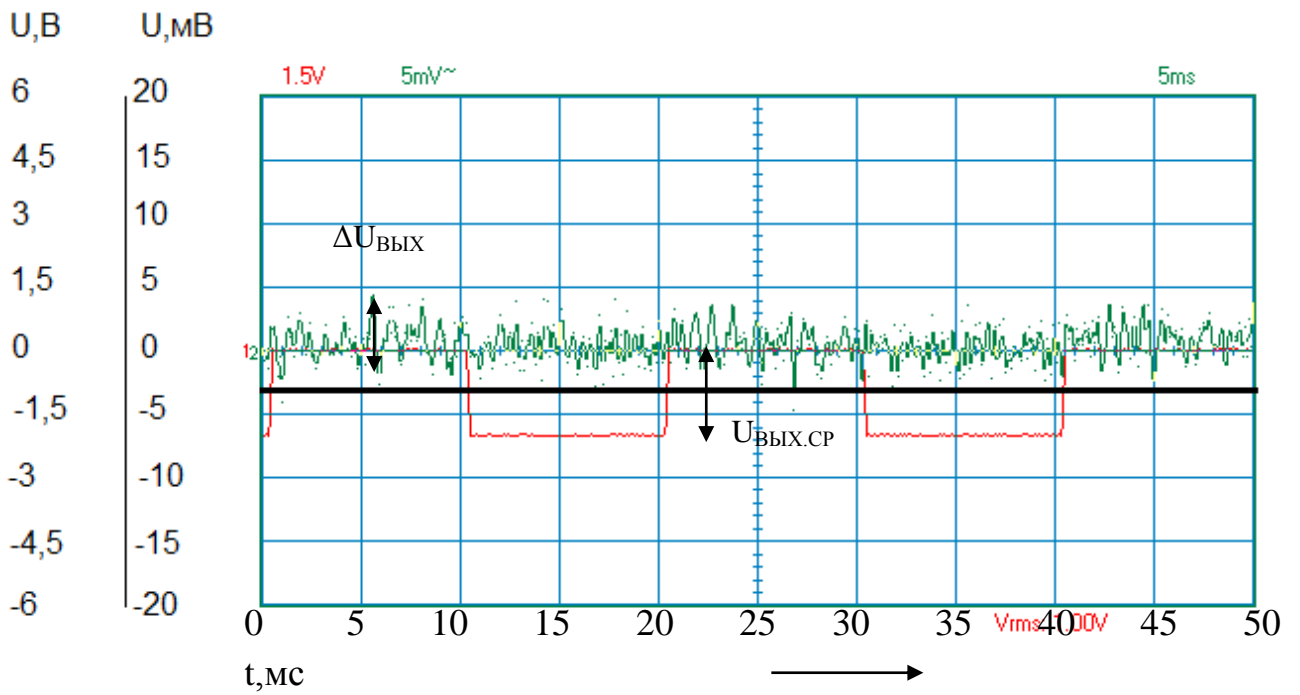


Рисунок 45 –Напряжение и его пульсация ($U = -2В$)

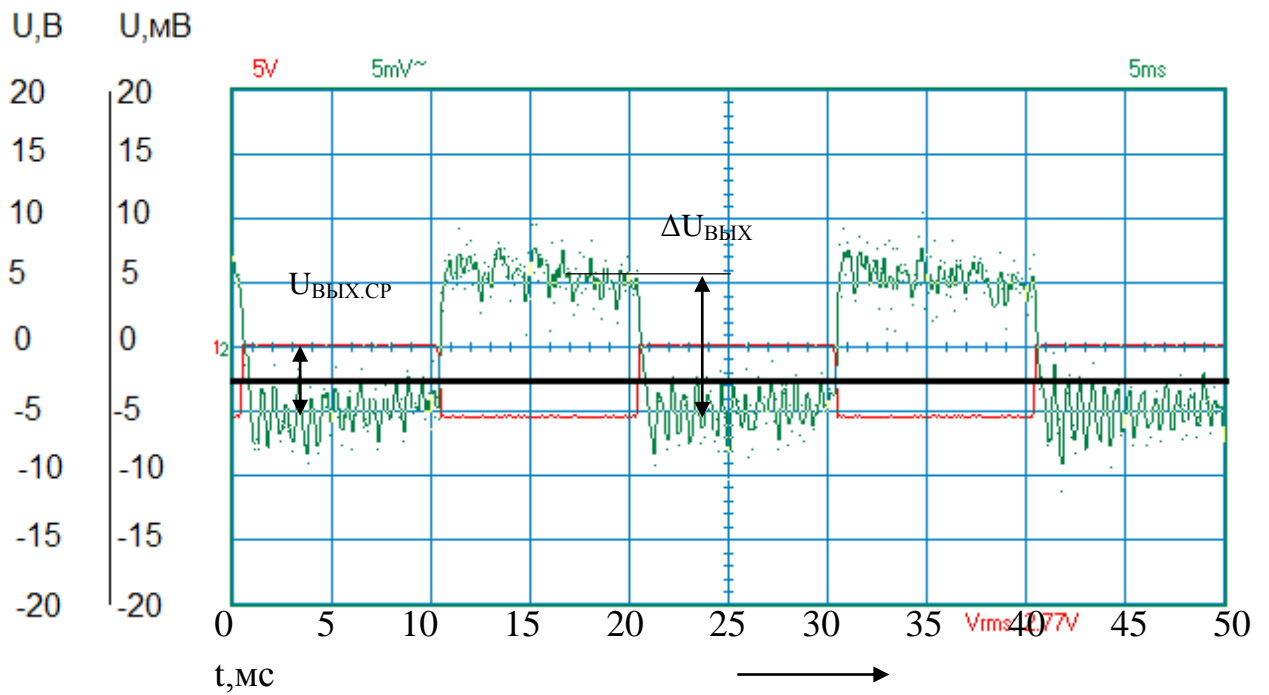


Рисунок 46 –Напряжение и его пульсация ($U = -5,5В$)

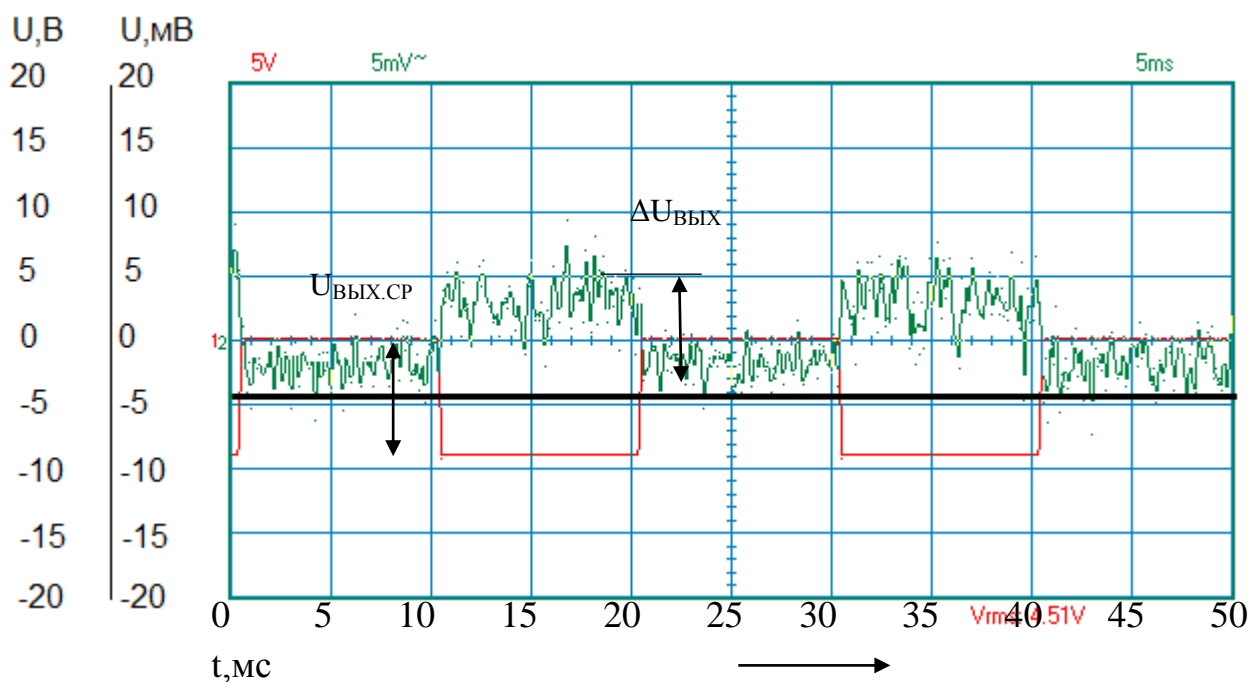


Рисунок 47 –Напряжение и его пульсация ($U = -9В$)

Сведем нужные характеристики в таблицу 2. Сопротивление нагрузки: $R_6 = 2,4кОм$

Таблица 2 – Результаты измерений для расчета выходного сопротивления

Выставленное резистором напряжение	-2В	-5,5В	-9В
$\Delta U_{ВЫХ}, мВ$	5,2	10,8	9,5
$U_{ВЫХ.СР}, В$	2	5,5	9

$$\Delta I_{ВЫХ}(-2В) = \frac{2}{2400} = 0,8 мА; \rightarrow R_{ВЫХ}(-2В) = \frac{0,0052}{0,0008} = 65 Ом;$$

$$\Delta I_{ВЫХ}(-5,5В) = \frac{5,5}{2400} = 2,2 мА; \rightarrow R_{ВЫХ}(-5,5В) = \frac{0,0108}{0,0022} = 4,9 Ом;$$

$$\Delta I_{ВЫХ}(-9В) = \frac{9}{2400} = 3,7 мА; \rightarrow R_{ВЫХ}(-9В) = \frac{0,0095}{0,0037} = 2,56 Ом.$$

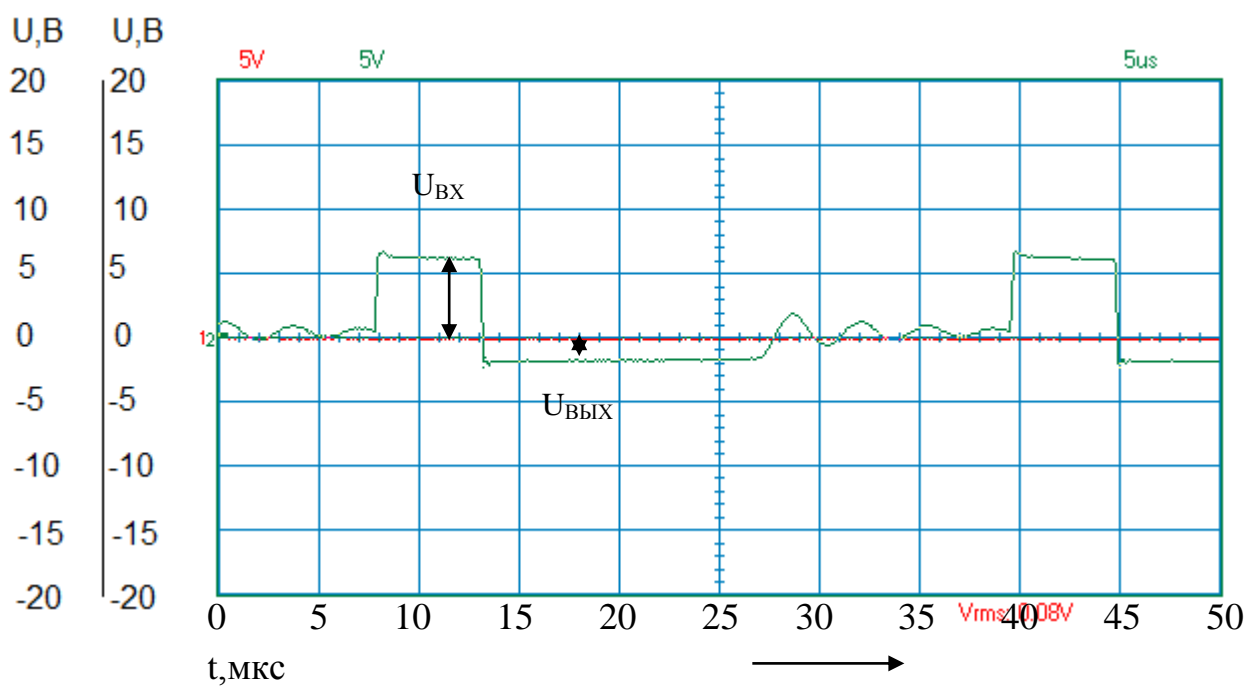


Рисунок 48 – Напряжение на выходе микросхемы ($U = -2В$)

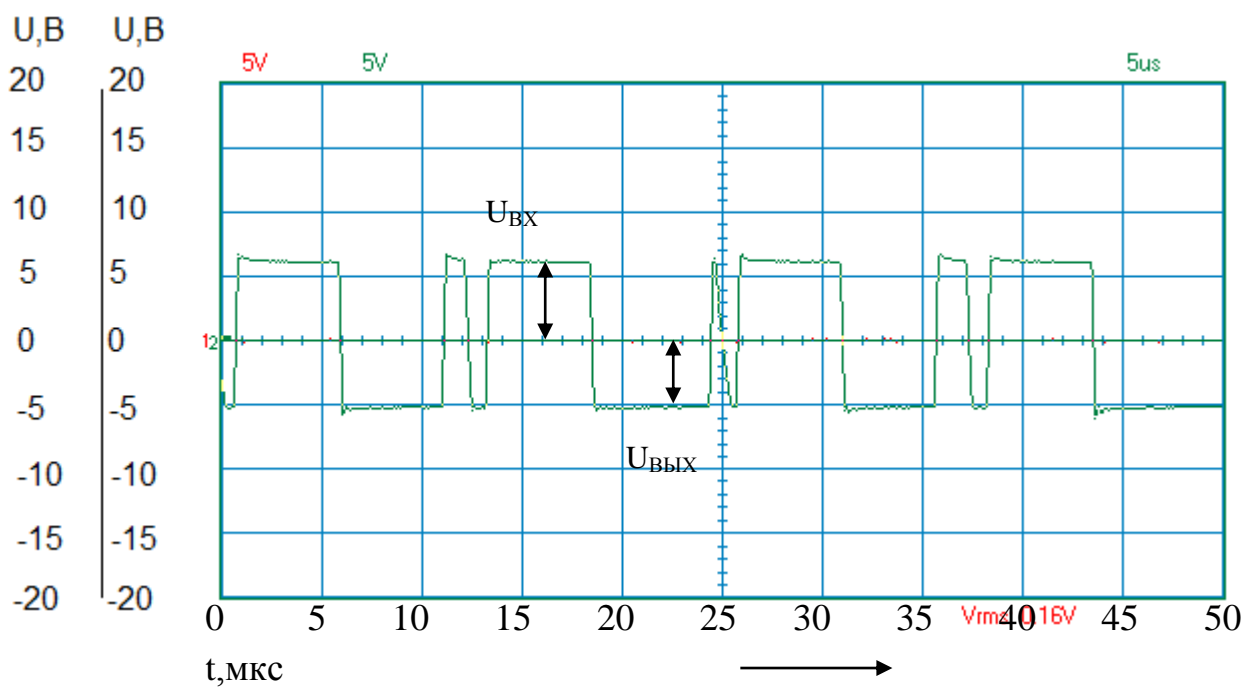


Рисунок 49 – Напряжение на выходе микросхемы ($U = -5,5В$)

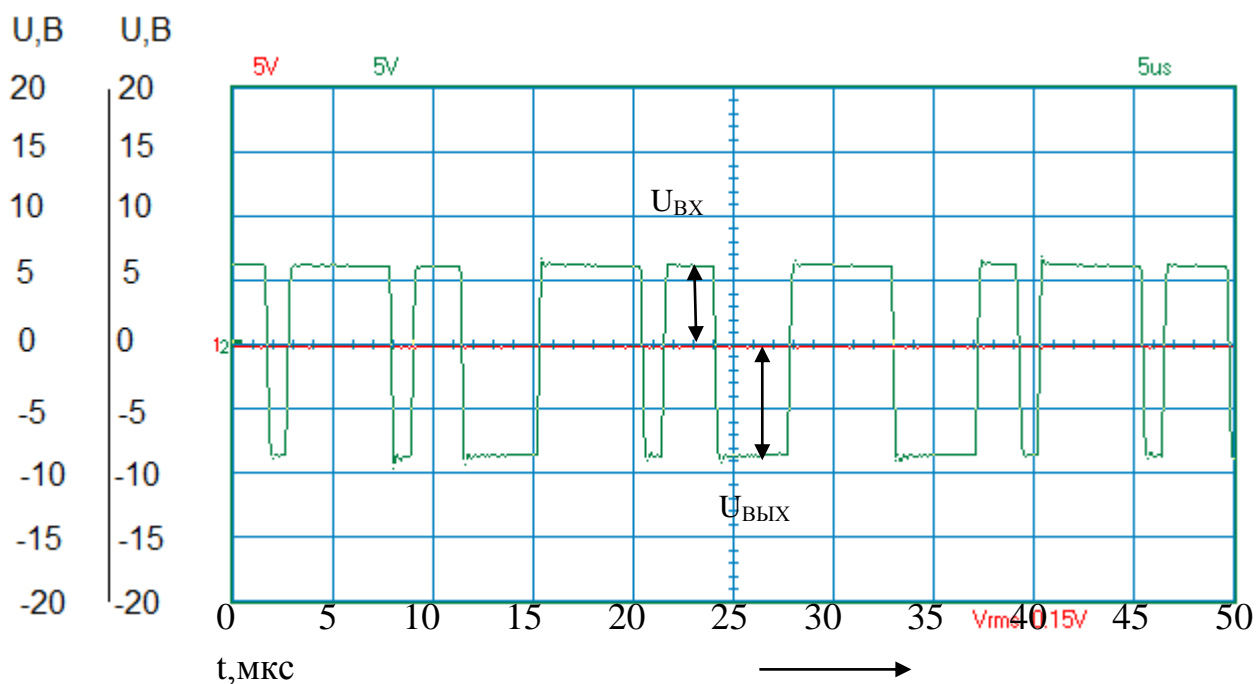


Рисунок 50 – Напряжение на выходе микросхемы ($U = -9В$)

По осциллограммам на рисунках 48-50 мы можем наблюдать, как изменяется напряжение на выходе схемы при изменении опорного напряжения.

2.6 Экономическое обоснование работы

Таблица 4 – Цены радиоэлементов

Название	Цена за одну штуку, руб.	Кол.	Суммарно, руб
Резистор MCF 0.25W 15K	1,9	2	3,8
Резистор CF-100 (C1-4) 1 Вт, 1 Ом, 5%	3,8	1	3,8
Резистор C2-33H 0.25W 2.4 кОм	1,9	1	1,9
Резистор 16K1 КС-20 кОм	23,75	1	23,75
Резистор МЛТ 0,25Вт 16 ком	1,9	1	1,9
Диод 1N4007-1А -1000В	1,9	5	9,5
Стабилитрон BZX55C15-15В-0,5Вт	1,9	4	7,6

Диод Шоттки 1N5819-1A-40V	2,85	1	2,85
Дроссель LGA0307-22мкГн	9,5	1	9,5
Конденсатор 1000мкФ-25V	14,25	2	28,5
Конденсатор 470мФ-35V	8,55	1	8,55
Конденсатор 2,4нФ-50V	2,85	1	2,85
Конденсатор К10-17 1 мФ,50V	1,9	2	3,8
Конденсатор К50-35 33 мкФ, 50 В	7	1	7
Микросхема NCP3063[24]	85,5	1	85,5
Транзистор КП723А-60В-35А [18]	52,25	2	104,5
Стабилизатор LM7812СТ+12В, 4%, 1А	19	1	19
Стабилизатор L7808CV+8В, 1.5А, 4%	12	1	12
Общая стоимость, руб.			336,3

Таблица 5 – Цены инвентаря и необходимых материалов

Название	Цена за штуку, руб.	Кол.	Суммарно, руб
Макетная плата CR3074 1-стор.	150	1	150
Корпус BOX-G 765	456	1	456
Припой ПОС-61 1 мм 10г с/к	40	1	40
Паяльник Soldering Iron CS-31A 220v 25w	206	1	206
Гнездо Г1-6 белое	11	3	33
Общая стоимость, руб.			885

Радиодетали были куплены в «Электронные компоненты»[21].

Затраты на создание лабораторного стенда: 336+885=1221 руб.

Заключение

В данной исследовательской работе было достигнуто понимание физических процессов работы импульсных стабилизаторов напряжения. В таких устройствах элемент, выполняющий регулируемую роль, работает в ключевом режиме. Импульсный стабилизатор напряжения содержит интегрирующий элемент, благодаря которому стабилизатор способен плавно изменять напряжение. Данное изменение происходит по мере накопления катушкой необходимой энергии и последующей отдачи в нагрузку.

В заключении исследовательской работы был создан лабораторный стенд «Инвертирующий импульсный стабилизатор напряжения». Стенд – это пластиковый корпус с рисунком исследуемой схемы на лицевой панели. В корпусе, в точках схемы, в которых снимаются осциллограммы, установлены гнезда. Лабораторная работа по данному стенду проводится для практики расчета коэффициента стабилизации $k_{СТ}$ и выходного сопротивления $R_{ВЫХ}$.

Выбранная изначально, схема импульсного стабилизатора подверглась модернизации, а именно: установке транзисторов-ключей на входе и выходе, микросхем-стабилизаторов.

По результатам проведения экспериментов на данном лабораторном стенде были разработаны методические указания по проведению лабораторной работы и снятию характеристик, расчетов параметров схемы.

В конце исследовательской работы были подведены итоги: получены осциллограммы напряжения с пульсациями при разных режимах работы схемы, рассчитаны параметры, определяющие ее эффективность при различных режимах работы, вычислена стоимость создания данного стенда.

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. Импульсные преобразователи и стабилизаторы напряжения: методическое пособие / Е.В.Кондаков – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2014.
4. NCP3063 1.5A, Step-Up/Down/Inverting Switching Regulators [Электронный ресурс] URL: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/NCP3063-D.PDF> (дата обращения 15.03.2017).
5. MC34063 [Электронный ресурс] URL: <http://hardelectronics.ru/mc34063.html> (дата обращения 15.03.2017).
6. LM78S40 [Электронный ресурс] URL: <http://www.gaw.ru/pdf/NS/power/switch/LM78S40.pdf> (дата обращения 15.03.2017).
7. MAXIM Inverting Current-Mode PWM Regulators [Электронный ресурс] URL: <http://www.gaw.ru/pdf/Maxim/dc-dc/MAX736-MAX759.pdf> (дата обращения 15.03.2017).
8. Интегральные импульсные стабилизаторы напряжения фирмы NationalSemiconductor [Электронный ресурс] URL: http://kit-e.ru/articles/elcomp/2005_1_50.php (дата обращения 15.03.2017).
9. K1156EY1 [Электронный ресурс] URL: <http://www.sitsemi.ru/kat/1156eu1.pdf> (дата обращения 15.03.2017).
10. ADP5074 2.4 A, DC-to-DC Inverting Regulator [Электронный ресурс] URL: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADP5074.pdf> (дата обращения 15.03.2017).
11. IL33063AD/N ИМПУЛЬСНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ [Электронный ресурс] URL: <http://integral.by/sites/default/files/IL33063A->

- TSr.pdf (дата обращения 15.03.2017).
- 12.LM1578A/LM2578A/LM3578A Switching Regulator [Электронный ресурс]
URL: <http://www.gaw.ru/pdf/NS/power/switch/LM1578A.pdf> (дата обращения 15.03.2017).
- 13.Радиотех. Корпуса для РЭА [Электронный ресурс] URL:
<http://www.rct.ru/catalog/enclosure-case-box/g765.html> (дата обращения 15.03.2017).
- 14.Как правильно изолировать провода [Электронный ресурс] URL:
<http://remont.youdo.com/articles/electric/pravilno-izolirovat-provoda/> (дата обращения 15.03.2017).
- 15.Пайка для начинающих [Электронный ресурс] URL:
<https://geektimes.ru/post/257442/> (дата обращения 15.03.2017).
- 16.Работа с программой PcLab 2000 [Электронный ресурс] URL:
<http://poznayka.org/s12845t1.html> (дата обращения 15.03.2017).
- 17.Стабилизаторы напряжения. Основные параметры и типы [Электронный ресурс] URL: <http://kip-help.narod.ru/elektron/stabnap.htm> (дата обращения 15.03.2017).
- 18.КП-723А-Г [Электронный ресурс] URL:
<http://trzrus.ru/rec/recanyu.htm?2../mosfethp.htm> (дата обращения 15.03.2017). (дата обращения 15.03.2017).
- 19.Стабилизатор напряжения LM7812СТ [Электронный ресурс] URL:
<https://www.chipdip.ru/product/lm7812ct> (дата обращения 15.03.2017).
- 20.Positive voltage regulators L7800 Series [Электронный ресурс] URL:
<https://lib.chipdip.ru/223/DOC000223789.pdf> (дата обращения 15.03.2017).
- 21.Интернет – магазин «Импульс» [Электронный ресурс] URL:
<https://impulsi.ru/> (дата обращения 15.03.2017).