

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

для студентов специальности
11.02.01 *Радиоаппаратостроение*

Муром 2017

УДК 621.396.6 (075.8)

ББК 32.844

Составитель:

Храмов К.К., к.т.н., доцент кафедры РТ МИ ВлГУ.

Ответственный за выпуск:

заведующий кафедрой радиотехники,

доктор технических наук, профессор Ромашов Владимир Викторович

Источники питания: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 11.02.01 Радиоаппаратостроение / сост. Храмов К.К. – Муром: МИ ВлГУ, 2017. – 24 с.

Методические указания содержат сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Источники питания», и предназначены для студентов всех форм обучения специальности 11.02.01 Радиоаппаратостроение.

© Храмов К.К., составление, 2017

© МИ ВлГУ, 2017

Содержание

| | |
|--|----|
| 1. Лабораторная работа №1 «ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОЙ МОСТОВОЙ СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ» | 4 |
| 2. Лабораторная работа №2 «ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ» | 6 |
| 3. Лабораторная работа № 3 «ИССЛЕДОВАНИЕ ПОНИЖАЮЩЕГО ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ» | 10 |
| 4. Лабораторная работа № 4 «ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШАЮЩЕГО ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ» | 12 |
| 5. Лабораторная работа № 5 «ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХТАКТНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ»..... | 17 |
| 6. Лабораторная работа № 6 «ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ» | 19 |
| Библиографический список..... | 24 |

1. Лабораторная работа №1 «ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОЙ МОСТОВОЙ СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ»

Цель работы: исследование свойств и параметров мостового выпрямителя напряжения.

Теоретические сведения

Базовый теоретический материал по теме лабораторной работы приведен в [1-3].

Порядок выполнения работы

1. Не включая питания, перевести тумблер $S1$ на передней панели стенда в положение I, что соответствует подключению схемы выпрямителя, приведенной на рис. 1.1.

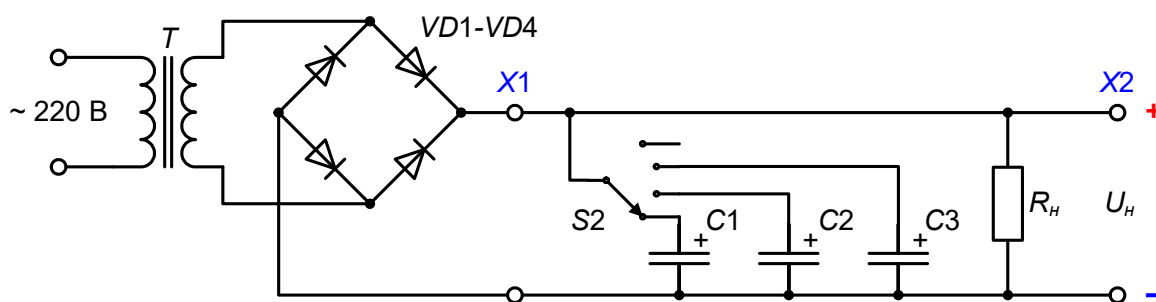


Рис. 1.1. Однофазный мостовой выпрямитель

2. Включить питание, получить и зарисовать осциллограмму напряжения на выходе диодного моста, подключив осциллограф к гнезду $X1$ (переключатель емкостей $S2$ должен находиться в четвертом положении, при котором емкости $C1...C3$ отключены).

3. Подключив вольтметр к гнезду $X1$, измерить переменную (ΔU_A) и постоянную (U_A) составляющие напряжения на выходе диодного моста.

4. Подключив конденсатор $C1$, измерить выходное напряжение (гнездо $X2$) U_n и напряжение пульсаций ΔU_n в нагрузке выпрямителя.

5. Подключить осциллограф к гнезду $X2$ и зарисовать диаграмму на выходе схемы.

6. Выполнить пункты 1.4 и 1.5 для конденсаторов $C2$ и $C3$.

7. Результаты пп.1.4-1.6 свести в таблицу 1.1, где $\tau = R_n C$ – постоянная времени цепи нагрузки. Номиналы элементов следующие: $R_n = 10 \text{ кОм}$, $C1 = 10 \text{ мкФ}$, $C2 = 100 \text{ мкФ}$, $C3 = 1000 \text{ мкФ}$.

Таблица 1.1

| | $U_H, В$ | $\Delta U_H, В$ | $\tau, с$ |
|-------------|----------|-----------------|-----------|
| При вкл. С1 | | | |
| При вкл. С2 | | | |
| При вкл. С3 | | | |

8. По данным таблицы 1.1 построить зависимости $U_H = f(\tau)$ и $\Delta U_H = f(\tau)$.
Сделать выводы.

Содержание отчёта

- Название и цель работы.
- Схемы исследуемых устройств.
- Результаты измерений и графические зависимости согласно заданию.
- Выводы.

Контрольные вопросы

1. Приведите структурную схему линейного ИВЭП с нерегулируемым выпрямителем.
2. Поясните принцип действия и устройство силового трансформатора.
3. Дайте определение выпрямителя, приведите структурную схему нерегулируемого (неуправляемого) выпрямителя.
4. Приведите схему однофазного мостового выпрямителя. Поясните его назначение, принцип работы и характеристики.
5. Приведите схему однофазного однополупериодного выпрямителя.
6. Приведите схему двухфазного двухполупериодного выпрямителя.
7. Приведите схемы трёхфазных выпрямителей.
8. Назовите способы уменьшения пульсаций выпрямителей.
9. Приведите схемы фильтров, используемых в выпрямителях.
10. Назовите основные области применения выпрямителей и умножителей напряжения.
11. Нарисуйте схему симметричного и несимметричного удвоителей напряжения, поясните назначение элементов и принцип работы.
12. Нарисуйте схему несимметричного умножителя напряжения на 3. Какое влияние на работу схемы оказывают входящие в нее элементы?
13. Нарисуйте схему несимметричного умножителя напряжения на 4.
14. Объясните полученные в работе графические зависимости.

2. Лабораторная работа №2

«ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПЯЖЕНИЯ»

Цель работы: исследовать характеристики и параметры стабилизатора регулируемого напряжения и двухполярного стабилизатора постоянного напряжения на специализированных микросхемах.

Теоретические сведения

Базовый теоретический материал по теме лабораторной работы приведен в [1-3].

В данной работе стабилизаторы напряжения выполнены на широко распространенных специализированных отечественных микросхемах – интегральных стабилизаторах напряжения серии КР142ЕНхх. Рассмотрим упрощенную схему стабилизаторов этой серии (рис. 2.1).

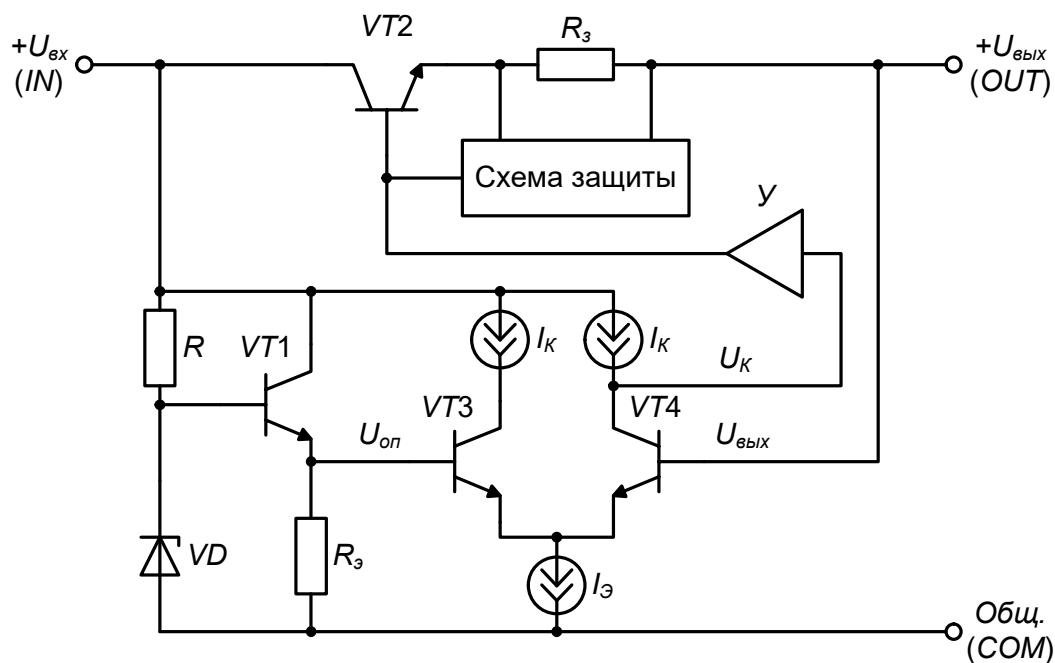


Рис. 2.1. Упрощенная функциональная схема интегральных стабилизаторов постоянного напряжения серии КР142ЕНхх

Опорное стабилизированное напряжение $U_{оп}$ от источника опорного напряжения, выполненного по схеме компенсационного стабилизатора, поступает на один из входов компаратора. На другой его вход подается напряжение с выхода $U_{вых}$. Компаратор сравнивает поступающие сигналы и выделяет разностное напряжение U_K , которое усиливается в усилителе Y и управляет режимом работы усилителя тока (VT2). Источники тока I_K являются динамической нагрузкой дифференциального каскада (VT3 и VT4).

Схема защиты срабатывает, когда ток, протекающий через датчик тока, выполненный на сопротивлении R_3 , превышает некоторую допустимую величину. При этом устройство защиты запирает $VT2$, снижая выходной ток.

Порядок выполнения работы

1. Исследование регулируемого стабилизатора напряжения.

1.1. Не включая питания, переключить тумблер $S1$ в положение III, что соответствует подключению схемы стабилизатора, приведенной на рис. 2.2. При этом на схеме выпрямителя I должна быть подключена емкость $C1$.

1.2. Снять осциллограмму на входе стабилизатора, подключив осциллограф к гнезду X2. Зарисовать полученную характеристику.

1.3. Измерить постоянной составляющей U_{ex} и напряжение пульсаций ΔU_{ex} на входе схемы (гнездо X2) при среднем положении движка резистора R_R .

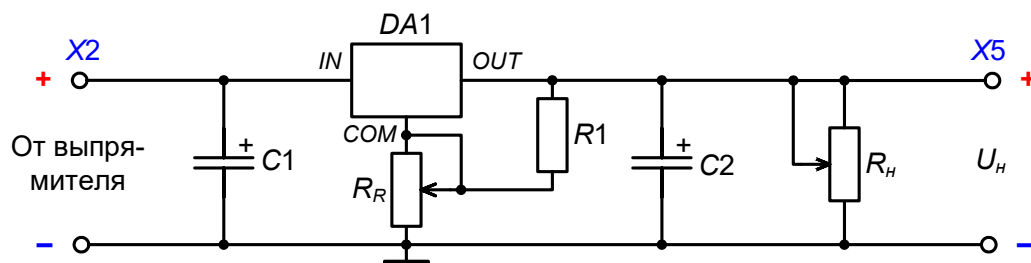


Рис. 2.2. Регулируемый стабилизатор положительного напряжения

1.4. Подключив вольтметр к гнезду X5, измерить значение постоянной составляющей U_H и напряжение пульсаций ΔU_H на выходе стабилизатора при среднем положении движка резистора R_R . Определить коэффициент сглаживания пульсаций $K_{ce} = \Delta U_{ex} / \Delta U_H$ и коэффициент стабилизации напряжения

$$K_{cm} = \frac{\Delta U_{ex} \cdot U_H}{U_{ex} \cdot \Delta U_H} \text{ стабилизатора.}$$

1.5. Измерить значение постоянной составляющей (U_H) выходного напряжения стабилизатора при изменении сопротивления R_R (таблица 2.1).

Таблица 2.1

| R_R , кОм | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U_H , В | | | | | | | | |

1.6. Подключив вольтметр к гнезду X5, снять значение постоянной (U_H) и переменной (ΔU_H) составляющих выходного напряжения при изменении R_H и значении $R_R = 2$ кОм. Полученные значения свести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

| R_H , кОм | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|------------------|----|----|----|----|----|----|
| U_H , В | | | | | | |
| ΔU_H , В | | | | | | |

1.7. Построить полученные зависимости – $U_H = f(R_R)$, $U_H = f(R_H)$, $\Delta U_H = f(R_H)$ и рассчитать сопротивление резистора R_1 , используя выражение для интегральных стабилизаторов напряжения с обратной связью: $U_H = U_{cm0}(1+R_R/R_1)$, где U_{cm0} – напряжение стабилизации ИС $DA1$, которое может быть найдено из графика $U_H = f(R_R)$ при $R_R = 0$.

2. Исследование двухполярного стабилизатора напряжения.

2.1. Переключить тумблер $S1$ в положение IV, подключив схему двухполярного стабилизатора (рис. 2.3).

2.2. Снять осциллограмму и измерить значение постоянного напряжения на входе схемы (гнездо $X1$).

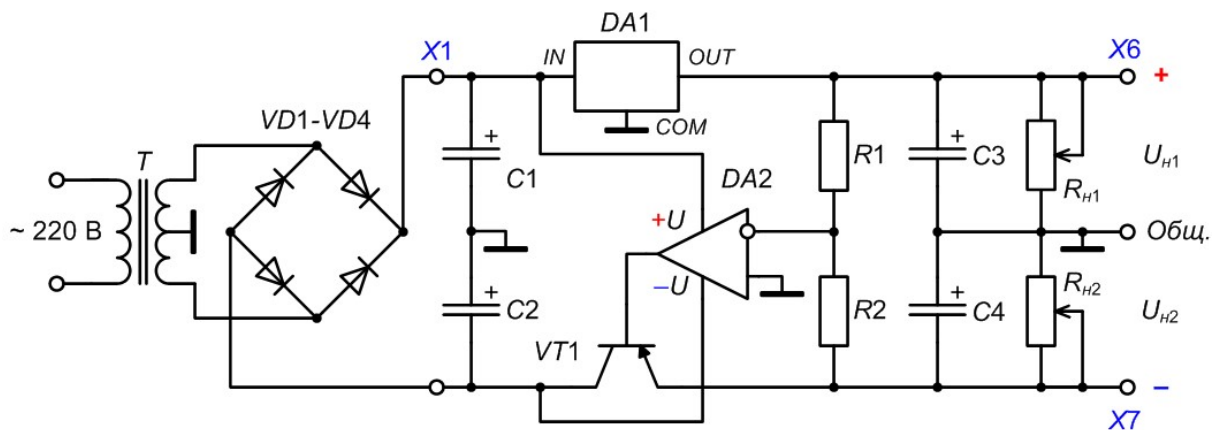


Рис. 3.3. Двухполярный стабилизатор постоянного напряжения

2.3. Подключив вольтметр к гнезду $X6$, снять постоянную составляющую выходного напряжения верхнего по схеме плеча стабилизатора (U_{H1}) при изменении сопротивления R_{H1} и фиксированном $R_{H2} = 2$ кОм. Полученные значения свести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

| R_{H1} , кОм | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|----------------|---|---|---|---|----|----|
| U_{H1} , В | | | | | | |

2.4. Зафиксировав $R_{H1} = 2$ кОм, измерить постоянное значение напряжения во втором плече (U_{H2}) при изменении R_{H2} (таблица 2.4).

Таблица 2.4

| R_{H2} , кОм | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|----------------|---|---|---|---|----|----|
| U_{H2} , В | | | | | | |

2.5. Построить полученные в работе характеристики. Сделать выводы.

Содержание отчёта

- Название и цель работы.
- Схемы исследуемых устройств.
- Результаты измерений и графические зависимости согласно заданию.
- Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды и области применения стабилизаторов напряжения.
2. Назовите основные характеристики стабилизаторов напряжения.
3. Нарисуйте схему параметрического стабилизатора напряжения, объясните принцип его работы.
4. Нарисуйте схему простейшего компенсационного стабилизатора, объясните принцип его работы, назовите его достоинства и недостатки.
5. Приведите схемы двухкаскадного и мостового параметрических стабилизаторов напряжения, назовите достоинства данных схем.
6. Как осуществляется температурная стабилизация параметрических схем?
7. Приведите структурные схемы последовательного и параллельного компенсационных стабилизаторов напряжения. Охарактеризуйте их.
8. Приведите схему последовательного компенсационного стабилизатора на двух транзисторах.
9. Приведите схему последовательного компенсационного стабилизатора с дифференциальным усилителем постоянного тока.
10. Приведите схему последовательного компенсационного стабилизатора с операционным усилителем.
11. Приведите схему параллельного стабилизатора на двух транзисторах.
12. Приведите схемы защиты стабилизаторов от короткого замыкания в нагрузке.
13. Приведите схемы регулируемых стабилизаторов напряжения на четырехвыводной и трехвыводной ИС.
14. Назовите способ повышения нагрузочной способности интегральных стабилизаторов напряжения.
15. Поясните принцип действия термокомпенсированных стабилитронных источников опорного напряжения.
16. Поясните принцип действия опорных источников с напряжением запрещенной зоны.
17. Что такое температурно-стабилизированные источники опорного напряжения?
18. Объясните на примере рис. 2.1 принцип работы интегральных стабилизаторов постоянного напряжения. Назовите их наиболее известные серии и параметры.
19. Поясните на примере рис. 2.3 принцип работы двухполярного стабилизатора постоянного напряжения.
20. Объясните полученные в работе графические зависимости.

3. Лабораторная работа № 3

«ИССЛЕДОВАНИЕ ПОНИЖАЮЩЕГО ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ»

Цель работы: изучить принцип работы, схемотехнику, разновидности и параметры понижающих импульсных стабилизаторов постоянного напряжения.

Порядок выполнения работы

1. Не включая сетевого питания, переключить тумблер номера схемы S1 в положение V, что соответствует подключению схемы импульсного стабилизатора, приведенной на рис. 3.1. При этом на схеме выпрямителя I должна быть включена емкость C1.

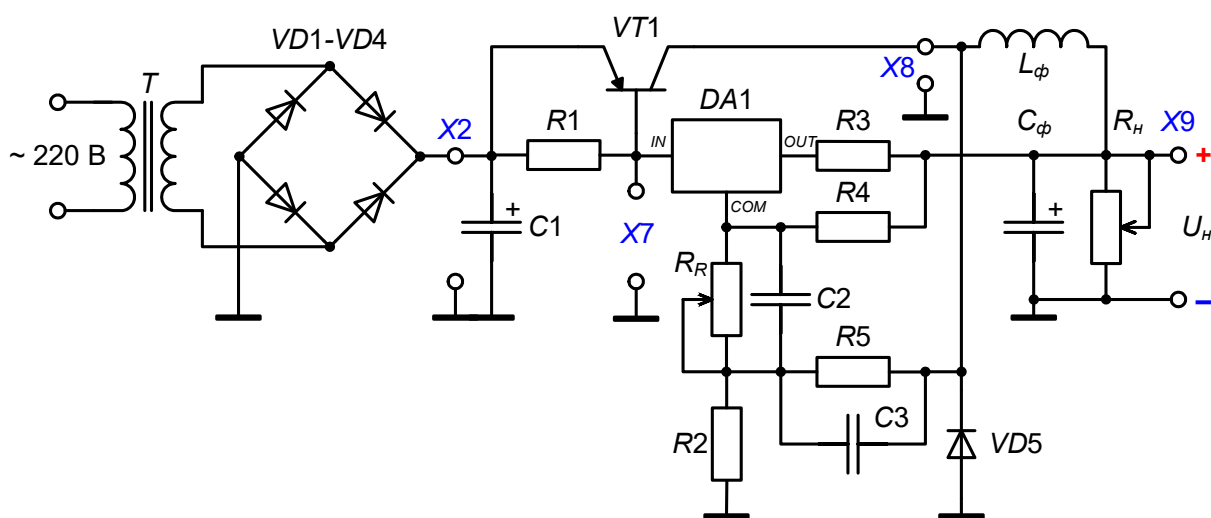


Рис. 3.1. Понижающий импульсный стабилизатор напряжения

2. Включить питание. Снять осциллограмму сигнала на входе исследуемой схемы стабилизатора, подключив осциллограф к гнезду X2 (для этого временно перевести S1 в положение I). Зарисовать полученную характеристику.

3. Измерить напряжение $U_{вх}$ на входе схемы (гнездо X2) при положении движка резистора $R_R = 1$ кОм.

4. Переключив нагрузку в положение 1 (R_{H1}) и подключив вольтметр к гнезду X9, измерить постоянную составляющую (U_{H1}) и пульсации (ΔU_{H1}) выходного напряжения стабилизатора при разных значениях сопротивления R_R . Полученные значения свести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

| R_R , кОм | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|
| U_{H1} , В | | | | | | |
| ΔU_{H1} , В | | | | | | |

5. Получить аналогичные зависимости для R_{H2} и R_{H3} (переключатель нагрузки при этом должен находиться в положениях 2 и 3 соответственно).

6. Установив с помощью сопротивления R_R выходное напряжение стабилизатора $U_H = 2$ В, снять осциллограммы напряжения в базе транзистора VT1 (гнездо X7) для трех значений сопротивления нагрузки: R_{H1} , R_{H2} , R_{H3} . Обратить внимание на присутствие низкочастотных пульсаций и высокочастотных импульсов.

7. Аналогичным образом получить и зарисовать осциллограммы коллекторного напряжения транзистора (гнездо X8) при тех же значениях R_H . Определить режим работы стабилизатора.

8. По полученным характеристикам рассчитать частоту импульсов для каждого случая: f_{H1} , f_{H2} , f_{H3} . Определить индуктивность дросселя L_H для каждого сопротивления нагрузки из выражения $L_\phi = TR_H(1 - \gamma)/2$, где $\gamma = t_u/T$ – коэффициент заполнения, T – период повторения импульсов, t_u – длительность импульсов управления. Сопротивления нагрузки: $R_{H1} = 34$ Ом, $R_{H2} = 47$ Ом, $R_{H3} = 68$ Ом. Найти ток нагрузки в каждом случае.

9. Установив с помощью сопротивления R_R выходное напряжение стабилизатора $U_H = 5$ В, снять осциллограммы напряжения в коллекторе транзистора VT1 (гнездо X8) для трех значений сопротивления нагрузки. Сравнить полученные характеристики с аналогичными в п.7.

1.10. Построить полученные в работе зависимости и осциллограммы.

Содержание отчёта

- Название и цель работы.
- Схемы исследуемых устройств.
- Результаты измерений и графические зависимости согласно заданию.
- Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите назначение и области применения понижающих импульсных стабилизаторов постоянного напряжения.

2. Поясните различие между линейными и импульсными стабилизаторами напряжения, назовите достоинства и недостатки каждого из них.

3. Приведите функциональную схему понижающего импульсного стабилизатора, поясните принцип работы, особенности и режимы работы.

4. Что такое регулировочные характеристики импульсных стабилизаторов напряжения?

5. Объясните принцип действия понижающих импульсных преобразователей постоянного напряжения с использованием полученных в работе осциллограмм.

6. Поясните назначение основных элементов исследуемого понижающего импульсного стабилизатора (рис. 3.1).

7. Объясните полученные в работе графические зависимости.

4. Лабораторная работа № 4

«ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШАЮЩЕГО ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ»

Цель работы: изучить принцип работы, схемотехнику, разновидности и параметры повышающих импульсных стабилизаторов постоянного напряжения.

Теоретические сведения

Базовый теоретический материал по теме лабораторной работы приведен в [1-3].

В данной лабораторной работе повышающий импульсный стабилизатор напряжения выполнен на микросхеме NE555 фирмы Texas Instruments [10] (аналог КР1006ВИ1). ИС этих серий представляют собой прецизионные времязадающие устройства (таймеры), способные выполнять как временную задержку сигналов, так и генерацию колебаний (рис. 4.1). В режиме задержки (монотастильном режиме) временной интервал задается внешней RC-цепью. В автоколебательном режиме работы частоту и скважность можно регулировать независимо друг от друга двумя внешними резисторами и одним конденсатором.

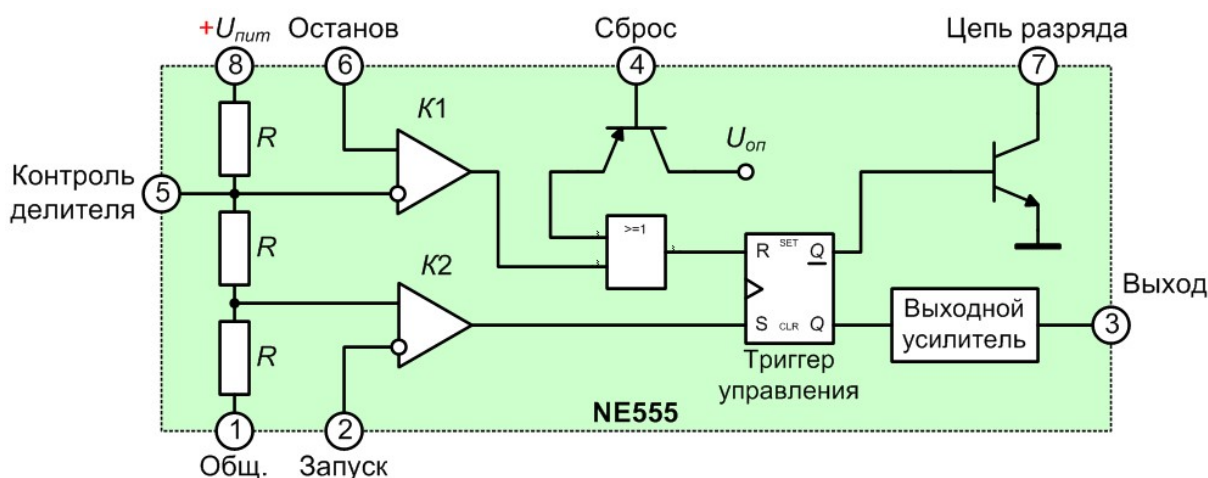


Рис. 4.1. Функциональная схема интегрального таймера NE555 (КР1006ВИ1)

Уровни срабатывания компараторов K1 (вывод 6) и K2 (вывод 2) составляют $(2/3)U_{пит}$ и $(1/3)U_{пит}$, соответственно, где $U_{пит}$ – напряжение питания ИС. Эти уровни могут быть изменены с помощью вывода управления напряжением (вывод 5). Когда напряжение на входе 2 падает ниже уровня срабатывания компаратора K2, триггер управления срабатывает и на выходе ИС (вывод 3) устанавливается уровень логической «1». Если напряжение на входе 2 выше уровня срабатывания K2 и напряжение на входе 6 превышает уровень срабатывания K1, триггер сбрасывается и на выходе ИС устанавливается низкий логический уровень. Вход сброса (вывод 4) используется для запуска нового цик-

ла тайминга. При подаче на вход сброса низкого уровня триггер сбрасывается и на выходе ИС также устанавливается уровень логического «0». При низком уровне на выходе микросхемы открывается транзистор в цепи разряда и создается путь с малым сопротивлением между выводом 7 и общим проводом.

Микросхема NE555 предназначена для применения в стабильных датчиках времени, генераторах импульсов, широтно-импульсных и фазовых модуляторах, преобразователях напряжения, ключевых схемах, преобразователях сигналов, исполнительных устройствах.

Особенности микросхемы NE555:

- формирование импульсов напряжения длительностью от нескольких микросекунд до десятков минут;
- регулируемая скважность импульсов;
- выходной ток до 200 мА;
- напряжение питания от 5 до 15 В (при напряжении питания 5 В выходные уровни соответствуют уровням ТТЛ).

Другой ИС, используемой в лабораторной работе, является DC-DC конвертер MC34063 компании STMicroelectronics (отечественный аналог 1156EY5). Микросхема содержит (рис. 4.2): температурно-компенсированный ИОН, компаратор, управляющий длительностью импульсов генератора с цепью ограничения тока, предвыходной транзистор (драйвер) и мощный выходной ключ. От генератора на схему управления поступают импульсы, скважность которых зависит от сигнала схемы ограничения по току. Также на схему управления подается сигнал обратной связи с компаратора К. Он производит сравнение напряжения обратной связи с напряжением внутреннего ИОН. Стабильность параметров выходного напряжения ИС обеспечивает ИОН.

Ключевой элемент микросхемы образован двумя биполярными транзисторами, которые могут быть включены по схеме составного транзистора с общим эмиттером (схема Дарлингтона). Суммарный коэффициент передачи тока в этом случае может достигать 10000 и более. Поэтому даже при максимальном рабочем токе через VT2 схема управления нагружается незначительно. В эмиттере драйвера включен резистор величиной 100 Ом.

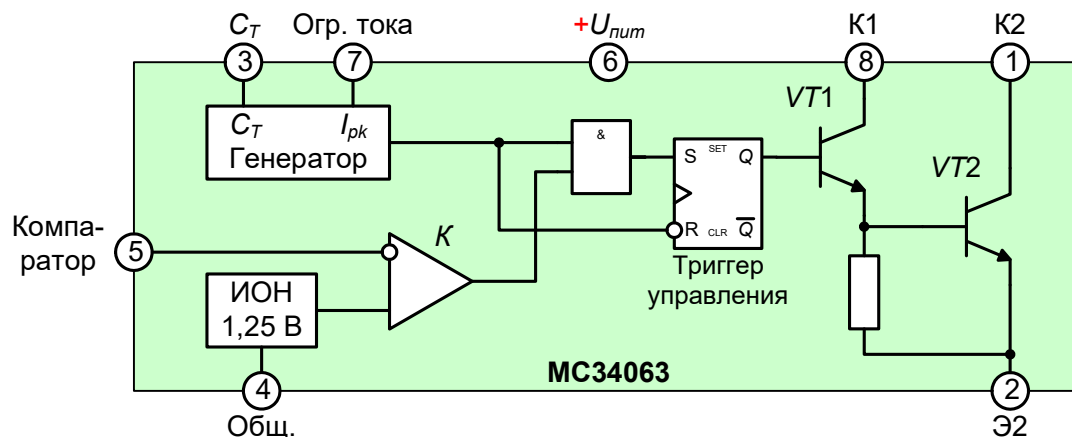


Рис. 4.2. Функциональная схема конвертора постоянного напряжения MC34063 (1156EY5)

Интегральная схема MC34063 специально разработана для построения понижающих, повышающих и инвертирующих импульсных преобразователей напряжения с минимальным числом внешних компонентов.

Особенности микросхемы MC34063:

- диапазон рабочих напряжений от 3 В до 40 В;
- низкий ток холостого хода;
- ограничение по току;
- выходной ток ключа до 1,5 А;
- регулируемое выходное напряжение;
- частотный диапазон до 100 кГц;
- точность внутреннего источника опорного напряжения 2 %.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со схемой стабилизированного повышающего преобразователя напряжения, выполненного на таймере NE555 и изображенного на рис. 4.4.

2. Включить питание. Подключить вольтметр на вход схемы (гнездо X1) и измерить постоянное напряжение $U_{вх}$.

3. Измерить постоянное напряжение $U_{вых}$ на выходе стабилизатора (гнездо X6), при этом тумблер S2 должен быть включен. Зарисовать осциллограмму напряжения $U_{вых}$. Рассчитать коэффициент преобразования напряжения $K_{пр} = U_{вых} / U_{вх}$.

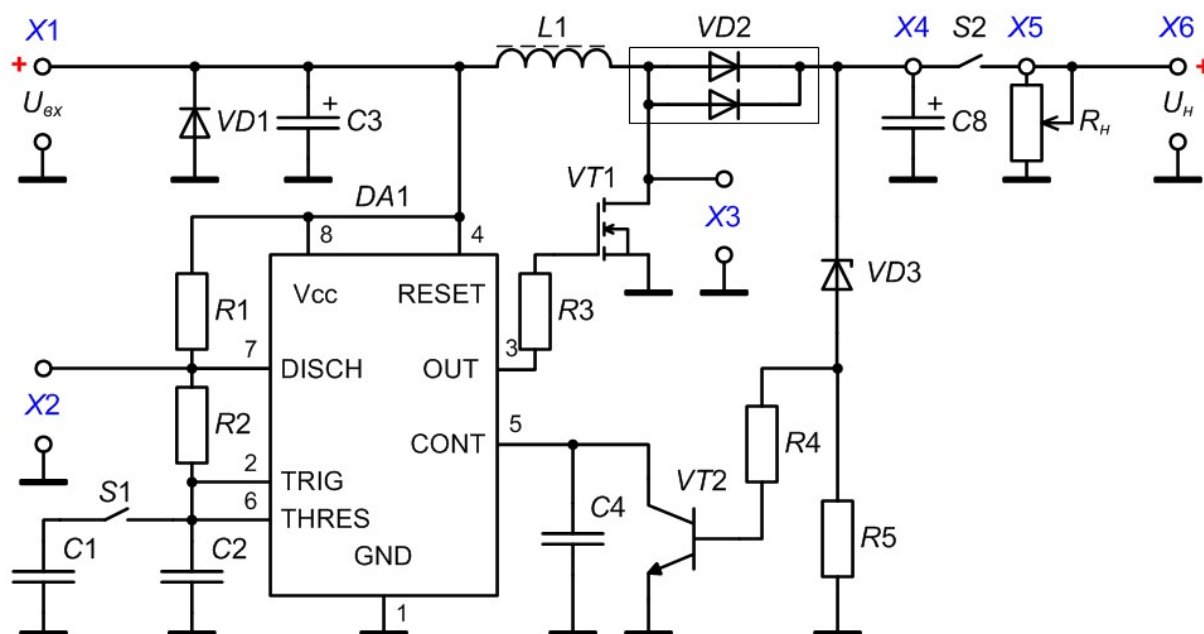


Рис. 4.4. Повышающий импульсный стабилизатор напряжения на ИС NE555

4. Рассчитать теоретические значения частоты F , скважности q и коэффициента заполнения γ импульсов на выходе ИС, используя выражения:

$$F = 1/T,$$

где $T = t_1 + t_2 = 0,685 \cdot (R1 + 2 \cdot R2) \cdot C$ – период колебания; $t_1 = 0,685 \cdot (R1 + R2) \cdot C$ – время заряда емкости (высокое напряжение на выходе ИС); $t_2 = 0,685 \cdot R2 \cdot C$ –

время разряда (низкое напряжение на выходе ИС); C – частотозадающая емкость, равная $C2$ или $C1 + C2$;

$$q = T / t_1; \quad \gamma = 1 / q.$$

Номиналы элементов: $C1 = 500$ пФ, $C2 = 680$ пФ, $R1 = 16$ кОм, $R2 = 3,3$ кОм.

Результаты расчетов внести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

| Параметр | $C = C2$ | | $C = C1 + C2$ | |
|-----------|----------|-------------|---------------|-------------|
| | Расчет | Эксперимент | Расчет | Эксперимент |
| F , кГц | | | | |
| q | | | | |
| γ | | | | |

5. Установить тумблер $S1$ в положение «Выкл» (конденсатор $C1$ отключен), получить и зарисовать осциллограммы напряжения в цепи разряда микросхемы (гнездо $X2$) и на выходе ключа $VT1$ (гнездо $X3$). Определить графически частоту F , скважность q и коэффициент заполнения γ импульсов на выходе $VT1$.

6. Установить тумблер $S1$ в положение «Вкл» ($C1$ подключен), зарисовать осциллограммы напряжения в тех же точках – $X2$ и $X3$. Определить частоту F , скважность q и коэффициент заполнения γ импульсов на выходе $VT1$.

7. Результаты измерений по пп.2.5 и 2.6 также свести в таблицу 4.2. Сравнить их с расчетными значениями.

8. Подключив осциллограф к гнезду $X3$, снять зависимость длительности импульсов t_u от сопротивления нагрузки. Результаты свести в таблицу 4.3. По полученным данным построить зависимость $t_u = f(R_H)$. Сделать выводы.

Зарисовать осциллограммы импульсов при двух крайних значениях R_H .

Таблица 4.3

| R_H , Ом | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| t_u , мкс | | | | | | |

9. Подключить к разъему $X6$ вольтметр, а к гнездам $X4$ - $X5$ – амперметр. Переключить тумблер $S2$ в положение «Выкл». Снять зависимости тока I_H и напряжения U_H на выходе стабилизатора при изменении сопротивления нагрузки R_H . Рассчитать значения мощности P_H в нагрузке. Все результаты свести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

| R_H , Ом | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 |
|------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| I_H , мА | | | | | | |
| U_H , В | | | | | | |
| P_H , Вт | | | | | | |

10. По данным таблицы 4.4 построить зависимости $I_H = f(R_H)$, $P_H = f(R_H)$, $U_H = f(I_H)$. Сделать выводы.

11. Рассчитать коэффициент неустойчивости по току, используя выражение: $K_{HI} = (\Delta U_H / U_H) / (\Delta I_H / I_H)$.

12. Подключив осциллограф к гнезду X6, получить и зарисовать осциллограммы напряжения на выходе преобразователя при минимальном и максимальном значениях сопротивления R_H .

Содержание отчёта

- Название и цель работы.
- Схемы исследуемых устройств.
- Результаты измерений и графические зависимости согласно заданию.
- Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите назначение и области применения повышающих и инвертирующих импульсных стабилизаторов постоянного напряжения.
2. Поясните различие между линейными и импульсными стабилизаторами напряжения, назовите достоинства и недостатки каждого из них.
3. Приведите функциональную схему повышающего импульсного стабилизатора, поясните принцип работы и особенности.
4. Приведите функциональную схему инвертирующего импульсного стабилизатора, поясните принцип работы и особенности.
5. Что такое регулировочные характеристики импульсных стабилизаторов напряжения?
6. Объясните назначение и принцип работы интегрального таймера NE555 по его функциональной схеме (рис. 4.1).
7. Объясните назначение и принцип работы импульсного преобразователя MC340763 по его функциональной схеме (рис. 4.2).
8. Объясните принцип действия повышающих импульсных преобразователей постоянного напряжения с использованием полученных в работе осциллограмм.
9. Поясните назначение основных элементов исследуемого повышающего импульсного стабилизатора (рис. 4.4).
10. Поясните назначение основных элементов DC-DC преобразователей, выполненных на ИС MC340763 (рис. 4.5).
11. Объясните полученные в работе графические зависимости.

5. Лабораторная работа № 5

«ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХТАКТНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ»

Цель работы: изучить принцип работы и исследовать параметры двухтактного трансформаторного преобразователя постоянного напряжения с самовозбуждением.

Теоретические сведения

Базовый теоретический материал по теме лабораторной работы приведен в [1-3].

Порядок выполнения работы

1. Включить питание схемы преобразователя (рис. 5.1), получить и зарисовать осциллограмму напряжения на его входе (гнездо X3).

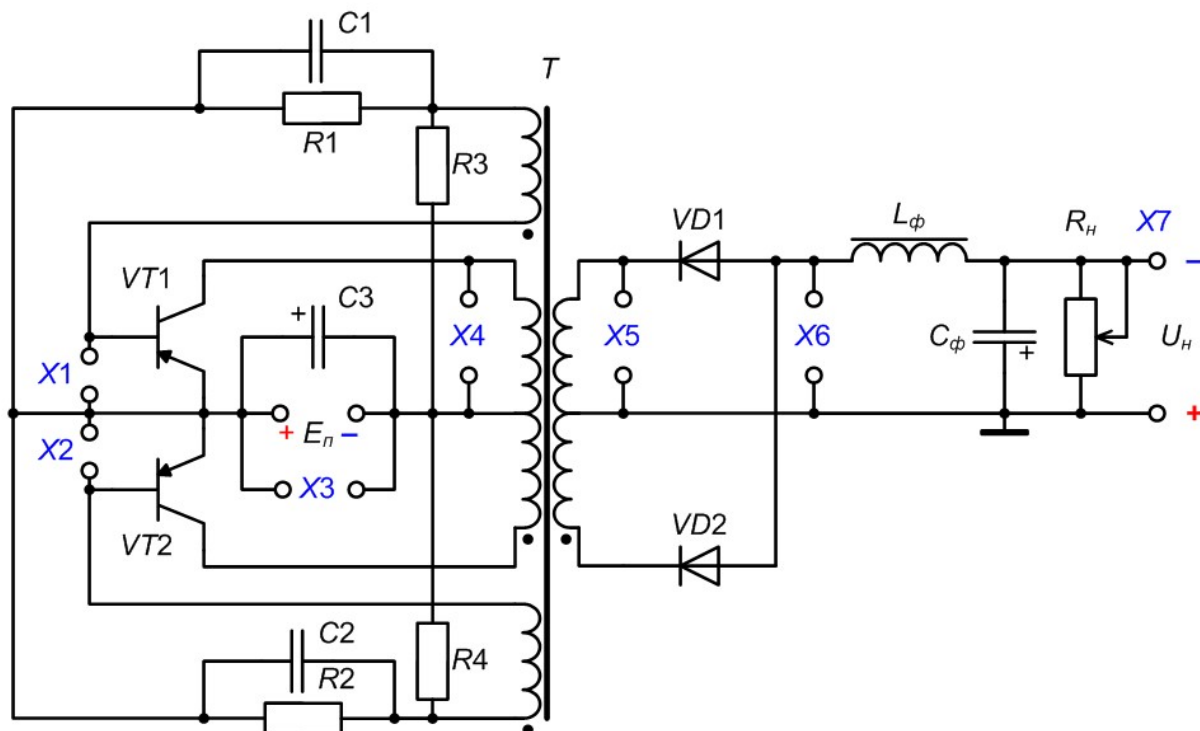


Рис. 5.1. Двухтактный трансформаторный преобразователь постоянного напряжения

2. Подключив вольтметр к гнезду X3, измерить постоянную (E_n) составляющую напряжения на входе преобразователя.

3. Снять осциллограмму напряжения в цепи база-эмиттер транзистора VT1, подключив осциллограф к гнезду X1.

4. Подключив вольтметр, измерить переменную ($\Delta U_{БЭ}$) и постоянную ($U_{БЭ}$) составляющие напряжения база-эмиттер транзистора VT1.

5. Выполнить пункты 1.3-1.4 для транзистора VT2 (гнездо X2).

6. Снять осциллограмму и измерить постоянную ($U_{кэ}$) и переменную ($\Delta U_{кэ}$) составляющие коллекторного напряжения транзистора VT1 (гнездо X4).

7. Снять осциллограмму и измерить переменную составляющую (ΔU_T) напряжения на выходе трансформатора T (гнезду X5).

8. Снять и зарисовать осциллограмму на выходе выпрямителя, подключив осциллограф к гнезду X6. Объяснить полученную осциллограмму.

9. Подключив вольтметр к гнезду X6, измерить переменную (ΔU_{VD}) и постоянную (U_{VD}) составляющие напряжения на выходе выпрямителя.

10. Снять и зарисовать осциллограмму на выходе преобразователя при сопротивлении $R_H = 20$ кОм, подключив осциллограф к гнезду X7. Объяснить полученную характеристику.

11. Подключив вольтметр к гнезду X7, измерить постоянную (U_H) и переменную (ΔU_H) составляющие напряжения на выходе схемы при различных сопротивлениях нагрузки R_H . Результаты свести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

| R_H , кОм | 20 | 60 | 100 | 140 | 180 |
|-------------------|----|----|-----|-----|-----|
| U_H , В | | | | | |
| ΔU_H , мВ | | | | | |

12. По результатам таблицы 5.1 построить зависимости $U_H = f(R_H)$ и $\Delta U_H = f(R_H)$. Сделать выводы.

13. По результатам экспериментальных изменений определить коэффициент преобразования напряжения $k = U_H / E_n \big|_{R_H=20 \text{ кОм}}$.

Содержание отчёта

- Название и цель работы.
- Схемы исследуемых устройств.
- Результаты измерений и графические зависимости согласно заданию.
- Выводы.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте схему однотактного трансформаторного преобразователя (блокинг-генератора). Поясните его назначение и принцип работы.

2. Приведите схему обратноходового преобразователя напряжения с автоколебательным блокинг-генератором.

3. Приведите схему двухтактного транзисторного преобразователя с самовозбуждением. Поясните принцип работы.

4. Объясните назначение основных элементов исследуемого двухтактного преобразователя постоянного напряжения (рис. 5.1).

5. Объясните полученные в работе графические зависимости.

6. Лабораторная работа № 6

«ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ»

Цель работы: ознакомиться со структурой интегральной микросхемы ШИМ-контроллера, изучить принцип работы и исследовать параметры импульсного источника электропитания на специализированной интегральной схеме.

Теоретические сведения

Базовый теоретический материал по теме лабораторной работы приведен в [1-3].

При построении современных импульсных источников питания широкое применение находят интегральные специализированные микросхемы управления, использующие широтно-импульсную модуляцию (ШИМ). В качестве примера в лабораторной работе исследуется ШИМ-контроллер MB3759 фирмы Fujitsu, функциональная схема которого приведена на рис. 6.1,а.

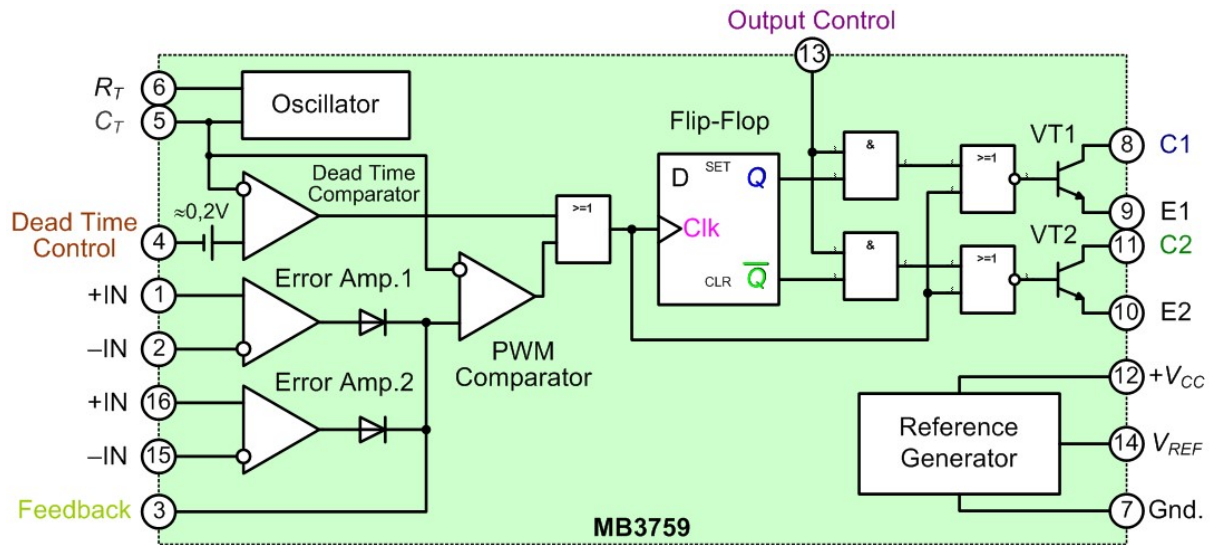
MB3759 – это полнофункциональная система формирования и управления ШИМ, выполненная на одном кристалле и работающая с фиксированной частотой преобразования. Микросхема содержит: внутренний источник опорного напряжения (*Reference Generator*) $U_{оп} = 5В$; два независимых усилителя сигнала ошибки (*Error Amp.1* и *Error Amp.2*); генератор пилообразного напряжения (*Oscillator*), частота которого задается внешней RC-цепью; компаратор управления защитным интервалом (*Dead Time Comparator*); компаратор ШИМ (*PWM Comparator*); схему управления импульсами, которая построена на триггере (*Flip-Flop*), работающем в режиме деления частоты на 2.

MB3759 обеспечивает противофазный (двухтактный) или синфазный режимы работы выходного каскада и внешнее управление шириной защитного интервала импульсов. Два выходных ключевых *nnp*-транзистора имеют открытые коллекторы и эмиттеры и обеспечивают выходной ток до 200мА каждый.

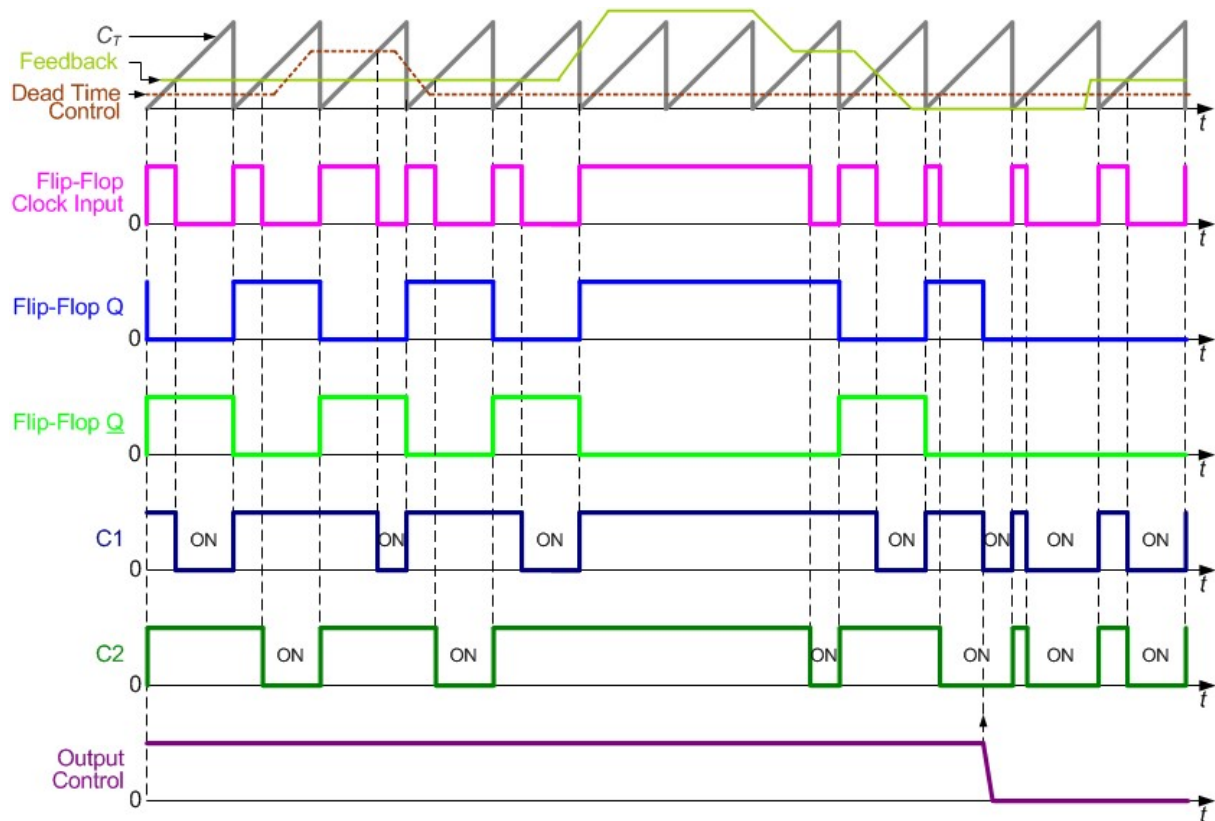
Временные диаграммы работы ШИМ-контроллера MB3759 в двухтактном режиме работы и при резистивных нагрузках в коллекторах выходных транзисторов VT1 и VT2 приведены на рис. 6.1,б. Интервалы времени, в течение которых транзисторы находятся во включенном состоянии, обозначены «ON».

Особенности микросхемы ШИМ-контроллера MB3759:

- законченная система ШИМ со схемой регулирования мощности;
- встроенная электрическая схема запрещает одновременную работу выходных ключей;
- встроенная электрическая схема предотвращает неправильную работу ИС при низком напряжении питания.



a



б

Рис. 6.1. Функциональная схема (а) и временные диаграммы работы (б) интегрального ШИМ-контроллера MB3759

Порядок выполнения работы

1. Не включая питания, переключить тумблер S1 в положение VI, что соответствует подключению схемы импульсного источника питания, выполненного на ИС MB3759 и приведенного на рис. 6.2.

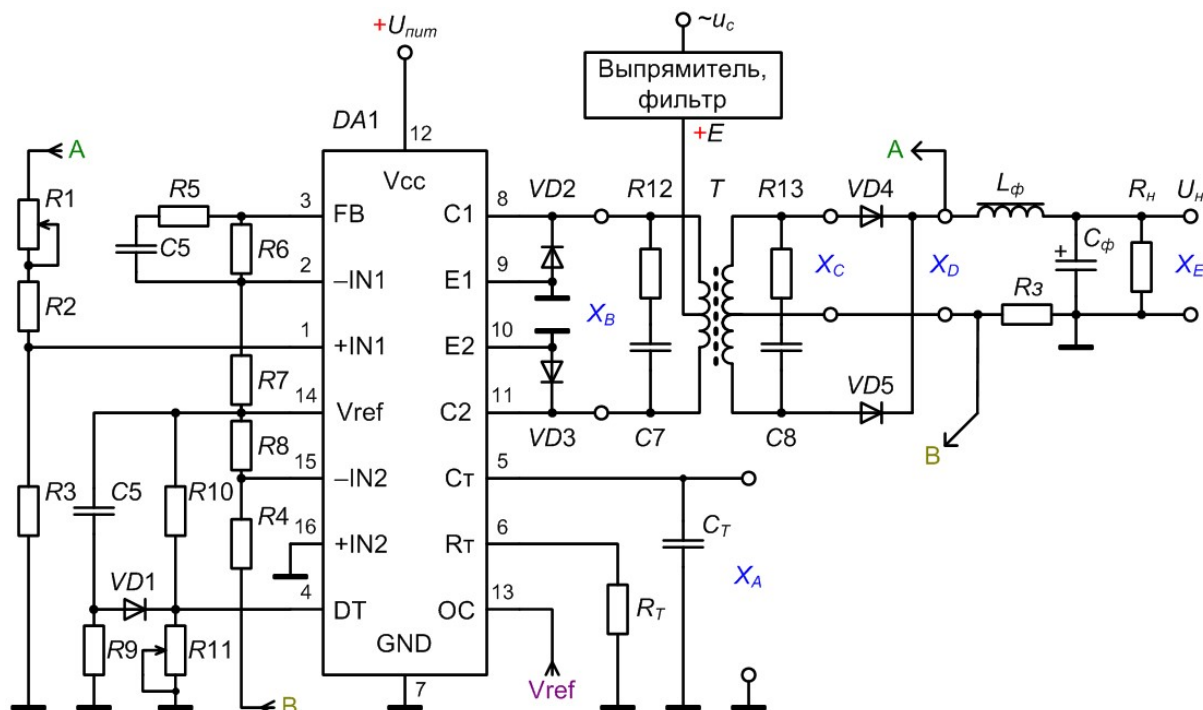


Рис. 6.2. Импульсный источник питания на ИС MB3759

2. Подключив осциллограф к гнезду X_A , убедиться в наличии пилообразного сигнала на выводе 5 ИС MB3759. Зарисовать полученную осциллограмму и определить частоту следования импульсов f_T .

3. Определить номинал задающего конденсатора C_T из выражения $f_T = 1,2/(R_T C_T)$, если значение $R_T = 20$ кОм.

4. Установить нагрузку R_H в положение 3 и снять осциллограмму напряжения на выходе микросхемы (гнездо X_B). Зарисовать осциллограмму и определить амплитуду U_1 и частоту f_1 импульсов.

5. Переключив осциллограф в гнездо X_C , зарисовать импульсы на вторичной обмотке трансформатора T и определить их амплитуду U_2 . Рассчитать коэффициент трансформации K данного трансформатора.

6. Получить и зарисовать выпрямленные импульсы (гнездо X_D). По осциллограммам определить падение напряжения на выпрямительных диодах.

7. Переключив осциллограф в гнездо X_E , зарисовать осциллограмму выходного напряжения U_H .

8. Подключив к гнезду X_E вольтметр, снять зависимость постоянной составляющей (U_H) и пульсаций (ΔU_H) выходного напряжения от сопротивления нагрузки R_H . Полученные результаты свести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

| Положение переключателя нагрузки | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|------|----------|
| R_H , Ом | 300 | 430 | 680 | 1000 | ∞ |
| U_H , В | | | | | |
| ΔU_H , В | | | | | |

9. По данным таблицы 6.1 построить зависимости $U_H = f(R_H)$ и $\Delta U_H = f(R_H)$. Сделать выводы.

10. Вновь подключив осциллограф к гнезду X_C , снять зависимость длительности импульсов t_u от сопротивления нагрузки. Результаты свести в таблицу, аналогичную 6.1. По полученным данным построить зависимость $t_u = f(R_H)$. Сделать выводы.

Содержание отчёта

- Название и цель работы.
- Схема исследуемого импульсного источника питания.
- Результаты измерений, расчетов и графические зависимости согласно заданию.
- Выводы.

Контрольные вопросы

1. Поясните различие между линейными и импульсными источниками питания, назовите достоинства и недостатки каждого из них.
2. Приведите структурную схему импульсного источника питания, определите функции основных блоков и объясните принцип его работы.
3. Объясните принцип формирования ШИМ. Применение ШИМ.
4. Приведите упрощенную схему обратноходового импульсного источника питания. Поясните принцип ее работы, назовите достоинства и недостатки.
5. Приведите упрощенную схему прямоходового импульсного источника питания. Поясните принцип ее работы, назовите достоинства и недостатки.
6. Интегральные специализированные микросхемы управления, использующие ШИМ (на примере ИС K1156EY2 (UC3825) – рис. 3.24 и MB3759 – рис. 6.1,а).
7. Объясните (с использованием приведенных на рис. 6.1,б и полученных в работе осциллограмм) принцип работы импульсного источника питания, приведенного на рис. 6.2.
8. Покажите защитный интервал на осциллограммах импульсов. Его назначение и формирование.
9. Поясните назначение элементов L_ϕ , C_ϕ на схеме рис. 6.2. Назовите критерии выбора их номиналов.
10. Какое влияние на работу схемы (рис. 6.2) оказывает изменение номиналов $R1$, $R11$, R_T и C_T .
11. Поясните назначение элементов $VD2$ и $VD3$ (рис. 6.2).

12. Поясните назначение сопротивление R_3 (рис. 6.2). Назовите критерии выбора его номинала.

13. Назначение цепочек $R12C7$ и $R13C8$ на схеме рис. 6.2. Назовите критерии выбора их номиналов.

14. Объясните полученные в работе графические зависимости.

Библиографический список

1. Источники питания радиоаппаратуры (для СПО). Учебник: учебник / З.А. Хрусталева, С.В. Парфенова. – Москва: КноРус, 2019. – 240 с. – ISBN 978-5-406-06453-5. – Режим доступа: <https://www.book.ru/book/930548>
2. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры. Учебное пособие: учебное пособие / В.А. Шахнов под ред. и др. – Москва: КноРус, 2016. – 532 с. – ISBN 978-5-406-00230-8. – Режим доступа: <https://www.book.ru/book/930465>
3. Источники вторичного электропитания: конспект лекций / сост. Храмов К.К. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. (2,1 Мб). – Муром.: МИ ВлГУ, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM. - Загл. с экрана. – Рег. номер 0321601820. <https://www.mivlgu.ru/iop/course/view.php?id=702>
4. Сажнёв А.М. Электропреобразовательные устройства радиоэлектронных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сажнёв А.М., Рогулина Л.Г. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 218 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47728>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры: учебное пособие, 4-е изд., перераб., доп.: учебное пособие / В.А. Шахнов, под ред. – Москва: КноРус, 2010. – 532 с. – ISBN 978-5-406-00230-8. – Режим доступа: <https://www.book.ru/book/251600>
6. Ефимов И.П. Источники питания РЭА: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 136 с. <http://window.edu.ru/resource/155/26155>
7. Смирнов В.М., Федоренко В.Н. Электропреобразовательные приборы: Учеб. пособие / СПбГУАП. СПб., 2004. 80 с.: ил. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/848/44848>
8. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие / В.И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 160 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/910/73910>
9. Сайт фирмы Компэл [Электронный ресурс]: Содержатся сведения об источниках питания и рекомендации по их применению. – Режим доступа: <http://www.compel.ru/catalog/power-conv-modul>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
10. Сайт фирмы Texas Instruments [Электронный ресурс]: Содержатся сведения об электронных компонентах и устройствах управления электропитанием. – http://www.ti.com/lscs/ti/analog/powermanagement/power_portal.page, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
11. Сайт фирмы Analog Devices [Электронный ресурс]: Содержатся сведения об электронных компонентах, производимых фирмой. – Режим доступа: <http://www.analog.com/ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.