

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

**ЭЛЕКТРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ
УСТРОЙСТВА РЭС**

Методические указания
к выполнению лабораторных работ 1 – 6

Санкт-Петербург

2014

Составители: канд. техн. наук доц. В.М. Смирнов,
канд. техн. наук доц. В.Н. Филатов
Рецензент: канд. техн. наук доц. В.Г. Нефедов

Методические указания содержат рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсу «Электропреобразовательные устройства РЭС». Работы выполняются в лаборатории, оснащенной современными измерительными приборами и выполняются на лабораторных макетах. Студенты приобретают навыки работы с измерительной аппаратурой, исследуют работу электропреобразовательных устройств.

Предназначены для студентов очной, вечерней и заочной форм обучения по направлению 210400 «Радиотехника».

Методические указания подготовлены кафедрой №21 «Радиотехнических и оптоэлектронных комплексов» и рекомендованы к изданию редакционно-издательским центром Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения.

Редактор
Компьютерная верстка

Сдано в печать 2014. Подписано к печати 2014. Формат 60 x 84 1/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л.. Тираж 100 экз. Заказ №

Редакционно-издательский центр ГУАП
Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения (ГУАП), 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЯ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Цель работы: исследование основных характеристик однофазных схем выпрямления и сглаживающих фильтров.

Методические указания по подготовке к работе

Схемы выпрямления можно классифицировать по следующим признакам:

- по числу фаз вторичной обмотки силового трансформатора - однофазные, двухфазные, трехфазные и т. д.
- по числу импульсов тока во вторичной обмотке за период выпрямляемого напряжения одной фазы – одноктактные и двухтактные.

Режим работы выпрямителей и процессы, протекающие в них, определяются схемой выпрямителя и характером нагрузки. Основными величинами, характеризующими эксплуатационные свойства выпрямителя являются: среднее значение выпрямленного тока в нагрузке I_n и напряжение на нагрузке U_n , коэффициент пульсаций K_p , нагрузочная характеристика $U_n = f(I_n)$ при неизменном входном напряжении.

В работе могут быть исследованы следующие схемы выпрямления:

- однофазная одноктактная (1Ф1Т);
- однофазная двухтактная или мостовая (1Ф2Т);
- симметричная схема удвоения напряжения (схема удвоения);

Однофазная одноктактная схема (рис. 1, а) имеет ряд недостатков: большую величину пульсаций, малую частоту пульсаций (равную частоте сети), значительную величину обратного напряжения на вентиле, большие габариты трансформатора вследствие плохого использования обмоток и намагничивания сердечника постоянной составляющей выпрямленного тока. Единственным достоинством такого выпрямителя является его простота.

Однофазный двухтактный выпрямитель, или мостовая схема (рис. 1, б) имеет ряд преимуществ перед однофазной одноктактной схемой. Токи первичной и вторичной цепей трансформатора изменяются во времени по одному и тому же закону, намагничивание магнитопровода трансформатора практически отсутствует, больше частота пульсаций.

Схемы умножения напряжения применяются для получения высоких напряжений при малых токах нагрузки. Принцип их действия заключается в заряде последовательно соединенных конденсаторов до напряжения, превышающего напряжение вторичной обмотки трансформатора в несколько раз. Подобные схемы позволяют уменьшить габариты и вес выпрямителя. В данной лабораторной работе исследуется симметричная схема с удвоением напряжения.

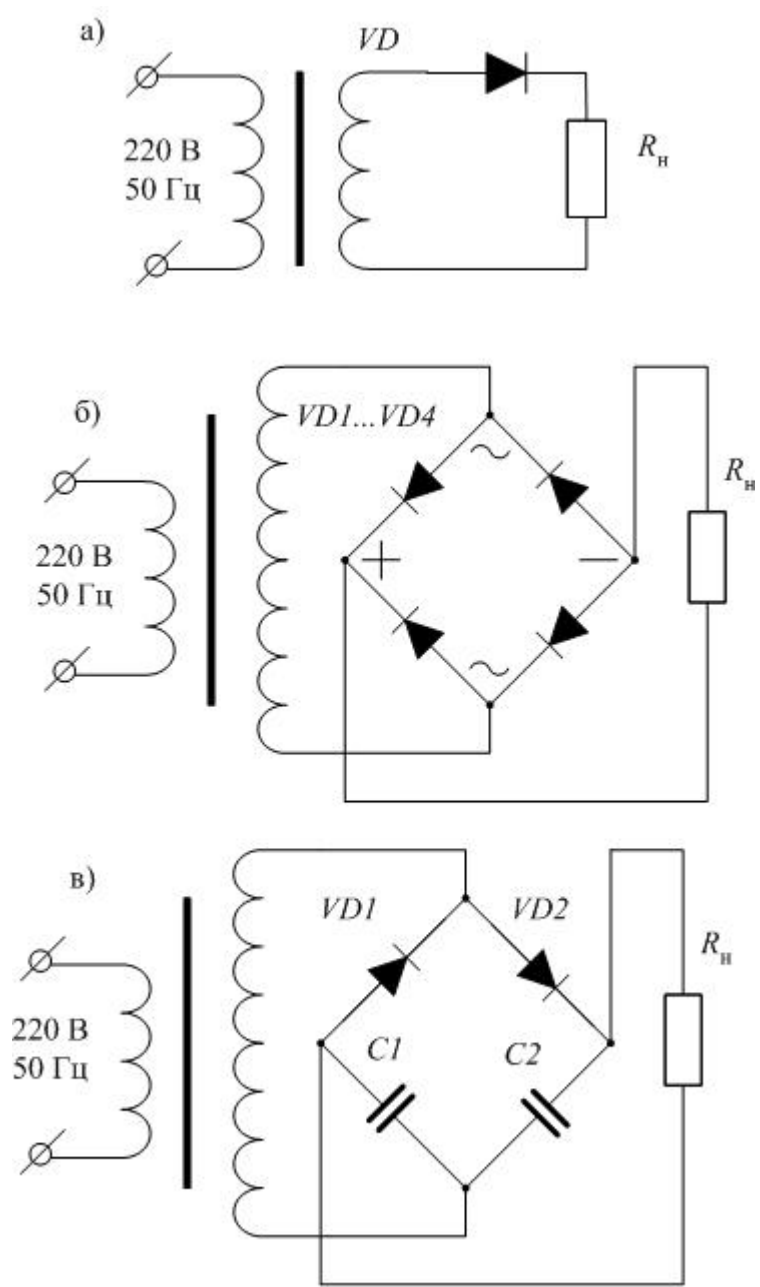


Рис.1.1

Сглаживающие фильтры, которые ставятся между выпрямителем и нагрузкой, должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую степень сглаживания пульсаций;
- не вносить больших потерь мощности;
- не нарушать работу выпрямителя и потребителя;
- иметь собственную частоту ниже частоты первой гармоники пульсаций;
- быть экономичными, т.е. иметь малые габариты, вес и стоимость.

Качество работы фильтра определяется коэффициентом сглаживания:

$$K_c = \frac{K_{п1}}{K_{п}}, \quad (1)$$

где $K_{п1}$ – коэффициент пульсаций до фильтра; $K_{п}$ – коэффициент пульсаций после фильтра.

Простейшими фильтрами являются индуктивность (дроссель), последовательно соединенная с нагрузкой, либо емкость, включаемая параллельно с нагрузкой. Первый применяется в мощных устройствах с большими токами в нагрузке, а второй – наоборот, при малых токах в нагрузке.

Но такие фильтры не могут обеспечить получение больших коэффициентов сглаживания, и на практике применяются более сложные Г-образные и П-образные фильтры.

Основными недостатками LC-фильтров являются:

- создание дросселем электромагнитных помех;
- возникновение переходных процессов, влияющих их на работу питаемых радиоустройств;
- зависимость величины K_c от тока нагрузки.

Описание лабораторной установки

Исследования проводятся на макете, принципиальная схема которого изображена на рис. 1.2. Макет позволяет исследовать однофазный одноконтурный выпрямитель, однофазный двухконтурный выпрямитель и симметричную схему удвоения напряжения.

Все эти схемы выпрямителей реализуются с помощью трехфазного трансформатора $Tr1$, у которого каждая вторичная обмотка имеет вывод от средней точки, и специальных соединительных колодок $S2$, которые осуществляют необходимые коммутации выводов обмоток трансформатора и вентилялей для получения необходимой схемы выпрямления. Соединительная колодка, соответствующая исследуемой схеме выпрямителя, вставляется в разъем, расположенный на лицевой панели макета. Первичные обмотки трехфазного трансформатора подключаются к сети тумблером $S1$ («Сеть»). На ней также имеются: переключатель регулировки активной нагрузки $S6$ («Регулировка нагрузки»); переключатель $S5$ («Регулировка емкости фильтра»), позволяющий дискретно менять величину емкости фильтра, подключенного параллельно нагрузке, причем в крайнем левом положении ручки переключателя (в положении 1) эта емкость отсутствует, что необходимо при чисто активной нагрузке и при

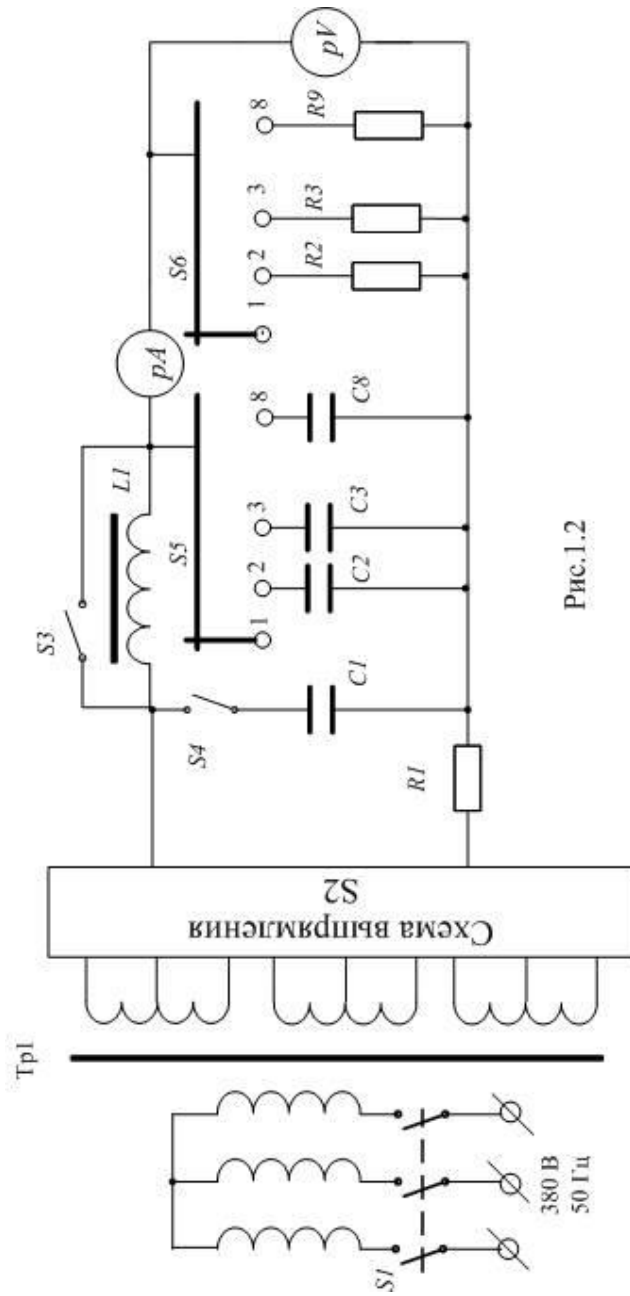


Рис.1.2

исследовании индуктивного фильтра; над соединительной колодкой размещены два тумблера: верхний $S3$ («Дроссель»), включающий индуктивность фильтра $L1$ и нижний $S4$ («Пост. емкость»), включающий конденсатор фильтра $C1$.

На лицевой панели размещаются также измерительные приборы: амперметр и вольтметр для измерения фазного тока и фазного напряжения, амперметр и вольтметр для измерения тока нагрузки и напряжения на нагрузке, на рис.1.2 они обозначены соответственно pA и pV .

С помощью осциллографа измеряются пульсации напряжения в схемах и наблюдаются формы напряжений и токов в различных точках схемы.

Порядок выполнения работы

1. Включить макет тумблером $S1$ «Сеть».

2. При проведении всех исследований необходимо зарисовать форму напряжения, наблюдаемого на экране осциллографа.

3. Исследовать однофазную однотактную схему выпрямления при работе на активную нагрузку (снятие нагрузочных характеристик). Для этого переключатель $S5$ установить в положение 1, тумблеры $S3, S4$ установить в положение «выкл.».

Изменяя величину сопротивления нагрузки с помощью переключателя $S6$, снять показания приборов, данные свести в таблицу 1. Размах пульсаций U_m измеряется с помощью осциллографа.

Таблица 1

| R_n Положе- ние $S6$ | Измеренные величины | | | | | $K_{п1}$ |
|------------------------------|---------------------|------------|----------------|---------------|------------|----------|
| | I_n мА | U_n В | I_ϕ мА | U_ϕ В | U_m В | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Коэффициент пульсаций $K_{п1}$ рассчитывается для первой гармоники по формуле:

$$K_{п1} = \frac{U_{m1}}{U_n}, \quad (2)$$

где $U_{m1}=0,5U_m$ – амплитуда первой гармоники пульсаций на выходе выпрямителя.

Построить графики зависимостей $U_n = f(I_n), K_{п1} = f(I_n)$.

4. Исследовать однофазную двухтактную схему выпрямления при работе на активную нагрузку (снятие нагрузочных характеристик). Данные свести в

таблицу, аналогичную табл. 1, построить графики зависимостей $U_H = f(I_H)$, $K_{п1} = f(I_H)$.

5. Исследовать однофазную двухтактную схему выпрямления при работе на индуктивную нагрузку (т. е. когда в качестве фильтра включен только один дроссель, тумблер $S4$ в положении «Выкл.», тумблер $S3$ в положении «Выкл.»). Снять нагрузочную характеристику схемы.

Данные свести в таблицу, аналогичную табл. 1, но в последний столбец вместо $K_{п1}$ вписать $K_{п}$.

Рассчитать величину коэффициента пульсаций на выходе фильтра по формуле:

$$K_{п} = \frac{U_{m1}}{U_H}, \quad (3)$$

где $U_{m1}=0,5U_m$ – амплитуда первой гармоники пульсаций на выходе фильтра. Построить графики зависимостей $U_H = f(I_H)$, $I_{\phi} = f(I_H)$, $K_{п} = f(I_H)$.

6. Исследовать однофазную двухтактную схему выпрямления при работе на емкостную нагрузку:

а) снять нагрузочную характеристику схемы: тумблер $S3$ в положении «Вкл.», тумблер $S4$ в положении «Вкл.», данные свести в таблицу, аналогичную табл. 1, но в последний столбец вместо $K_{п1}$ вписать $K_{п}$. Коэффициент пульсаций на выходе фильтра считать по формуле (3).

Построить графики зависимостей $U_H = f(I_H)$, $I_{\phi} = f(I_H)$, $U_m = f(I_H)$, $K_{п} = f(I_H)$.

б) исследовать влияние величины емкости конденсатора фильтра на работу схемы выпрямления (тумблер $S4$ в положении «выкл», величина сопротивления активной нагрузки выставляется постоянной – переключатель $S6$ в положении 2), коэффициент сглаживания рассчитывается по формуле (1), где $K_{п1}$ – коэффициент пульсаций берется из п. 4 (при активной нагрузке); $K_{п}$ рассчитывается по формуле (3). Меняя последовательно положения переключателя $S5$, произвести измерения.

Данные свести в табл. 2, построить графики зависимостей $U_H = f(C_{\phi})$, $I_H = f(C_{\phi})$, $K_c = f(C_{\phi})$,

Таблица 2

| Положение $S5$ | Измеренные величины | | | | | | Расчетные величины | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------|------------|--------------------|----------|-------|
| | C_{ϕ} мкф | I_{ϕ} А | U_{ϕ} В | I_H мА | U_H В | U_m В | $K_{п}$ | $K_{п1}$ | K_c |
| 2 | 1 | | | | | | | | |
| 3 | 2 | | | | | | | | |
| 4 | 4 | | | | | | | | |
| 5 | 10 | | | | | | | | |
| 6 | 20 | | | | | | | | |
| 7 | 30 | | | | | | | | |
| 8 | 50 | | | | | | | | |

7. Исследовать схему удвоения напряжения. Снять нагрузочные характеристики. Данные свести в таблицу 6, аналогичную таблице 1, построить графики зависимостей $U_n = f(I_n)$, $K_{п1} = f(I_n)$.

8. Исследовать схему сложного фильтра. По указанию преподавателя могут быть исследованы либо Г-образный LC-фильтр (тумблер $S3$ в положении «Выкл.», тумблер $S4$ в положении «Выкл.», тумблер $S5$ в положении 2) с однофазной двухтактной схемой выпрямления, либо П-образный LC-фильтр (тумблер $S3$ в положении «Выкл.», тумблер $S4$ в положении «Вкл.», тумблер $S5$ в положении 2) с однофазной одноконтурной схемой выпрямления.

а) Снять нагрузочные характеристики. Данные свести в таблицу, аналогичную таблице в п. 5, построить графики зависимостей $U_n = f(I_n)$, $K_{п1} = f(I_n)$.

б) Исследовать влияние величины емкости фильтра на работу схемы, меняя последовательно положения переключателя $S5$. Данные свести в таблицу, аналогичную табл. 2 (см. п. б), по ним построить графики $U_n = f(C_{\phi})$, $K_c = f(C_{\phi})$.

Оформление отчета

В отчете по лабораторной работе должны быть представлены следующие материалы:

1. Исследуемые схемы выпрямителей и фильтров (рис. 1, 2).
2. Таблицы, содержащие результаты измерений и расчетов.
3. Графики зависимостей результатов измерений и расчетов.
4. Выводы по результатам исследования.

Библиографический список

1. Электропитание устройств связи: учебник для вузов / под ред. Ю.Д. Козлова. - М.: Радио и связь, 1998. С. 69-130.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС. М.: Высшая школа, 1991. С. 65–110.
3. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: уч. пособие для вузов / В. М. Бушуев и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. С. 127 – 142, 180 – 193.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФАЗНЫХ СХЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЯ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Цель работы: Исследование основных характеристик многофазных схем выпрямления и различных схем сглаживающих фильтров.

Методические указания по подготовке к работе

В источниках питания средней и большой мощности чаще применяются многофазные схемы выпрямления. Многофазные схемы выпрямления имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с однофазными: меньше коэффициент пульсаций и больше частоту пульсаций выпрямленного напряжения, меньше габариты и вес фильтра.

Многофазные схемы выпрямления классифицируют по числу фаз выпрямляемого напряжения (двухфазные, трехфазные, шестифазные); также различают однотактные и двухтактные схемы.

По своему содержанию данная работа является развитием и продолжением лабораторной работы № 1, так как в ней также исследуются схемы выпрямления и фильтры.

В работе изучаются следующие схемы выпрямления:

1. Двухфазная однотактная (2Ф1Т).
2. Трехфазная однотактная (3Ф1Т).
3. Трехфазная двухтактная (3Ф2Т).

Так же как в работе № 1, для этих схем снимаются нагрузочные характеристики (при активной нагрузке) и исследуется их работа на реактивную нагрузку.

Двухфазная однотактная схема по своим основным параметрам аналогична однофазной двухтактной схеме, исследуемой в лабораторной работе № 1. В этой схеме (рис. 2.1, а) работают поочередно диоды выпрямителя, причем каждый из них открыт ровно полпериода выпрямляемого переменного напряжения. В нагрузке токи вентиля суммируются.

В трехфазной однотактной схеме (рис. 2.1, б) в каждый момент времени работает только одна фаза, имеющая наибольший положительный потенциал относительно нулевой точки трансформатора и других фаз. Ток протекает через вентиль каждой фазы в течение $1/3$ периода. Чередование фаз выпрямления соответствует порядку следования фаз вторичной обмотки трансформатора. Выпрямленный ток, являющийся суммарным током всех поочередно работающих вентилях, имеет форму кривой, совпадающей с формой огибающей фаз.

В трехфазной двухтактной схеме выпрямления (рис. 2.1, в) ток в любой момент протекает через два последовательно соединенных вентиля под воздействием наибольшего линейного напряжения вторичной обмотки трансформатора, имеющего положительную полярность. Через каждую работающую пару вентилях ток течет $1/6$ часть периода, а за период через каждый вентиль ток протекает $1/3$ периода и состоит из двух импульсов, каждый продолжительностью $1/6$ периода. Соответственно этому за период через каждую фазную обмотку протекает два импульса тока.

Относительно фильтров следует иметь в виду то же самое, что было приведено в лабораторной работе № 1.

Описание лабораторной установки

Для проведения исследований используется тот же макет, что и для лабораторной работы № 1 (рис. 1.2). Отличие заключается в другом наборе соединительных колодок $S2$, осуществляющих коммутации выводов обмоток трехфазного трансформатора и вентиляей.

Порядок выполнения работы

1. Включить макет тумблером $S1$ "Сеть".
2. При проведении исследований необходимо зарисовать формы напряжений и токов, которые наблюдаются на экране осциллографа.
3. Исследовать две схемы выпрямления (2Ф1Т и 3Ф2Т) при работе на активную нагрузку (снятие нагрузочных характеристик). Для этого переключатель $S5$ установить в положение 1, тумблер $S3$ в положение «Вкл.», тумблер $S4$ в положение «Выкл.».

Изменяя величину сопротивления нагрузки с помощью переключателя $S6$, снять показания приборов, данные свести в табл. 1 соответственно для каждой схемы выпрямления. Размах пульсаций U_m измеряется с помощью осциллографа.

Таблица 1

| R_n Положе- ние $S6$ | Измеренные величины | | | | | $K_{пл}$ |
|------------------------------|---------------------|------------|---------------|---------------|------------|----------|
| | I_n мА | U_n В | I_ϕ А | U_ϕ В | U_m В | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

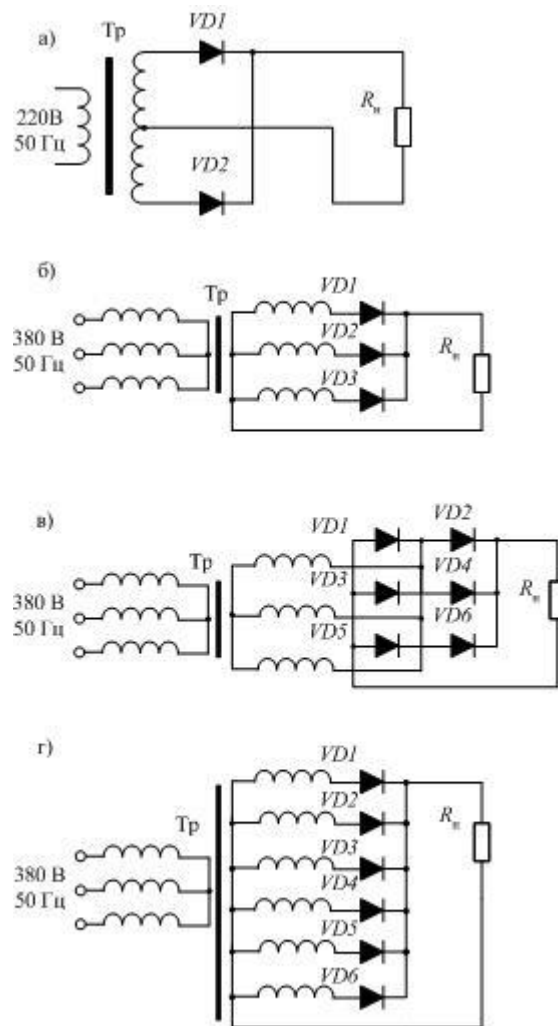


Рис.2.1

Коэффициент пульсаций $K_{\text{п1}}$ на выходе выпрямителя рассчитывается только для первой гармоники по формуле:

$$K_{\text{п1}} = \frac{U_{m1}}{U_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $U_{m1}=0,5U_{\text{м}}$ - амплитуда первой гармоники пульсаций.

Построить графики зависимостей $U_{\text{н}} = f(I_{\text{н}})$, $K_{\text{п1}} = f(I_{\text{н}})$.

4. Исследовать трехфазную однотактную схему выпрямления при работе на индуктивную нагрузку (в качестве фильтра включен только дроссель, $S3$ в положении «Выкл.», $S4$ в положении «Выкл.»). Снять нагрузочную характеристику схемы. Данные свести в таблицу, аналогичную табл. 1, но в последний столбец вместо $K_{\text{п1}}$ вписать $K_{\text{п}}$.

Рассчитать величину коэффициента пульсаций на выходе фильтра по формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{U_{m1}}{U_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где $U_{m1}=0,5U_{\text{м}}$ – амплитуда первой гармоники пульсаций на выходе фильтра.

Построить графики зависимостей $U_{\text{н}} = f(I_{\text{н}})$, $I_{\text{ф}} = f(I_{\text{н}})$, $K_{\text{п}} = f(I_{\text{н}})$.

5. Исследовать трехфазную двухтактную схему выпрямления при работе на емкостную нагрузку:

а) снять нагрузочную характеристику схемы: тумблер $S3$ в положении «Вкл.», тумблер $S4$ в положении «Вкл.». Данные свести в таблицу, аналогичную табл. 1. Коэффициент пульсаций на выходе фильтра считать по формуле (1). Построить графики зависимостей $U_{\text{н}} = f(I_{\text{н}})$, $I_{\text{ф}} = f(I_{\text{н}})$, $K_{\text{п1}} = f(I_{\text{н}})$.

б) исследовать влияние величины емкости конденсатора фильтра на работу схем выпрямления (тумблер $S4$ в положении «выкл», величина сопротивления активной нагрузки остается постоянной и небольшой, $S6$ в положении 2); коэффициент сглаживания рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{с}} = \frac{K_{\text{п1}}}{K_{\text{п}}},$$

где $K_{\text{п1}}$ – коэффициент пульсаций по первой гармонике, найденный при исследовании в п. 3 (при активной нагрузке); $K_{\text{п}}$ – коэффициент пульсаций при наличии фильтра.

Данные свести в табл. 2, построить графики зависимостей $U_{\text{н}} = f(C_{\text{ф}})$, $I_{\text{н}} = f(C_{\text{ф}})$, $K_{\text{с}} = f(C_{\text{ф}})$.

Таблица 2

| Поло- жение $S5$ | Измеренные величины | | | | | | Расчетные величины | | |
|------------------------|---------------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|--------------------|----------|-------|
| | C_ϕ мкф | I_ϕ А | U_ϕ В | I_n А | U_n В | U_m В | K_n | K_{n1} | K_c |
| 2 | 1 | | | | | | | | |
| 3 | 2 | | | | | | | | |
| 4 | 4 | | | | | | | | |
| 5 | 10 | | | | | | | | |
| 6 | 20 | | | | | | | | |
| 7 | 30 | | | | | | | | |
| 8 | 50 | | | | | | | | |

6. Исследовать схему П–образного LC-фильтра (тумблер $S3$ в положении «Выкл.», тумблер $S4$ в положении «Вкл.», тумблер $S5$ в положении 2) с трехфазной двухтактной схемой выпрямления.

Данные свести в таблицу, аналогичную табл. 2, построить графики зависимостей $U_n = f(C_\phi)$, $I_n = f(C_\phi)$, $K_c = f(C_\phi)$,

Оформление отчета

В отчете должны быть представлены:

1. Исследуемые схемы выпрямителей и фильтров (рис. 2.1).
2. Таблицы, содержащие результаты измерений и расчетов.
3. Графики зависимостей результатов измерений и расчетов.
4. Выводы по результатам работы.

Библиографический список

1. Электропитание устройств связи: Учебник для ВУЗов/Под ред. Ю.Д. Козлова. -М.: Радио и связь, 1998.-С. 69-118.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС. М.: Высшая школа, 1991.с. 65–110.
3. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: уч. пособие для вузов / В. М. Бушуев и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. С. 143 - 157, 180 – 193.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Цель работы: изучение принципов действия и исследование режимов работы параметрических стабилизаторов постоянного напряжения и постоянного тока.

Методические указания по подготовке к работе

Широко применяемые в источниках питания стабилизаторы напряжения и тока делятся на параметрические и автокомпенсационные.

В параметрических стабилизаторах (ПС) для достижения эффекта стабилизации применяются элементы, у которых зависимость сопротивлений от тока или напряжения существенно нелинейна. Принцип действия заключается в использовании особого стабилизирующего участка из вольтамперной характеристики, на котором наблюдается слабая зависимость тока от напряжения (в стабилизаторах тока) или напряжения от тока (в стабилизаторах напряжения).

В ПС на кремниевом стабилитроне (рис. 3.1, а) стабилизация напряжения происходит из-за наличия пологого участка его вольтамперной характеристики при обратном смещении (при электрическом пробое). Нагрузка включается параллельно стабилитрону. При изменении входного напряжения изменяется ток через стабилитрон I_c , вызывающий соответствующее изменение напряжения на так называемом балластном сопротивлении R_b , которое включается последовательно со стабилитроном и нагрузкой. Напряжение на стабилитроне (т. е. на нагрузке) поддерживается постоянным, так как любое изменение напряжения вызовет равное ему изменение напряжения на R_b . Если же имеют место отклонения тока нагрузки I_n при постоянном входном напряжении, то ток I_c изменится таким образом, чтобы суммарный ток $I_{вх} = I_n + I_c$ через R_b оставался постоянным, т. е. напряжение на нагрузке и в этом случае стабильно.

При больших изменениях сопротивления нагрузки в ПС напряжения необходимо подключение к стабилитрону эмиттерного повторителя (рис. 3.1, б), который позволяет повысить мощность и КПД стабилитрона.

В исследовании ПС тока (рис. 3.1, в) в качестве нелинейного элемента используется транзистор, у которого при фиксированном напряжении на базе коллекторный ток очень слабо зависит как от сопротивления нагрузки, так и от напряжения питания транзистора.

Описание лабораторной установки

Исследования проводятся на макете, принципиальная схема которого приведена на рис. 3.2. Переменное напряжение сети поступает на трансформатор $Tr1$, мостовую схему выпрямления и преобразуется в постоянное напряжение, величина которого регулируется с помощью переключателя $S1$. Переключатель $S2$ позволяет подключить к выпрямителю одну из исследуемых схем. В положении 1 переключателя включается стабилизатор напряжения на стабилитроне; в положении 2 – стабилизатор напряжения на кремниевом стабилитроне с эмиттерным повторителем; в положении 3 – стабилизатор тока на транзисторе.

Стабилизатор напряжения состоит из стабилитрона $VD1$ и балластного сопротивления $R1$; стабилизатор с эмиттерным повторителем выполнен на транзисторе $VT1$, стабилитроне $VD2$ и резисторе $R7$. Стабилизатор тока собран на транзисторе $VT2$, стабилитронах $VD3$, $VD4$ и резисторах $R13 - R15$.

Переключатели $S3$, $S4$, $S5$ позволяют ступенчато изменять сопротивления нагрузки стабилизаторов. Токи в нагрузке регистрируются соответственно приборами $pA1$, $pA2$ и $pA3$. Контактные клеммы $K1 - K6$ позволяют подключать к различным точкам схемы осциллограф и цифровой вольтметр с целью наблюдения и измерения пульсаций, точного определения постоянных составляющих напряжений.

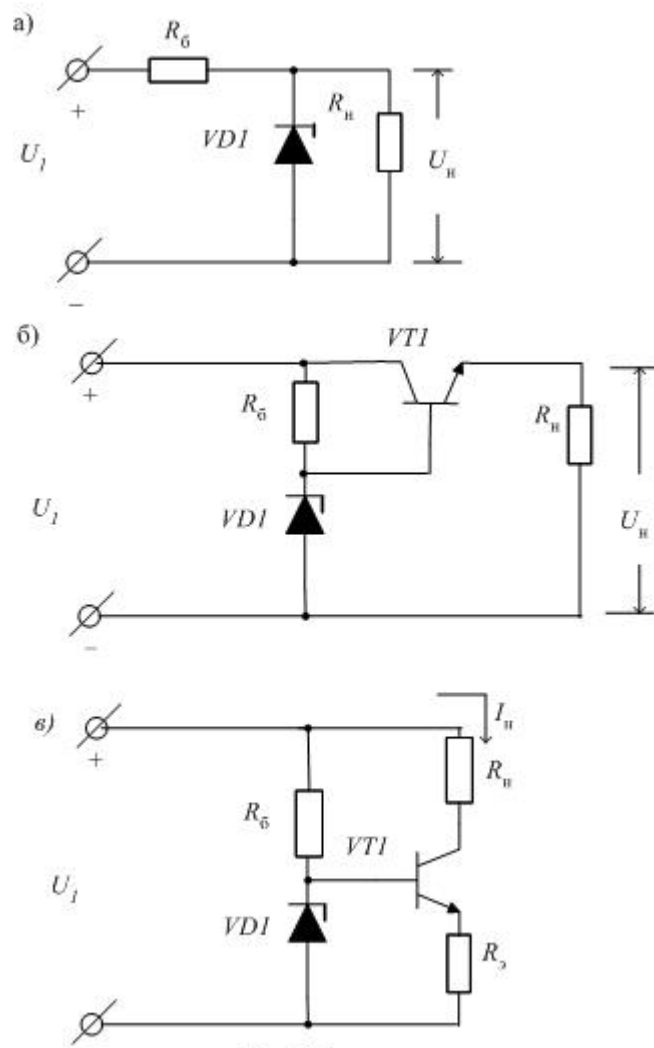


Рис.3.1

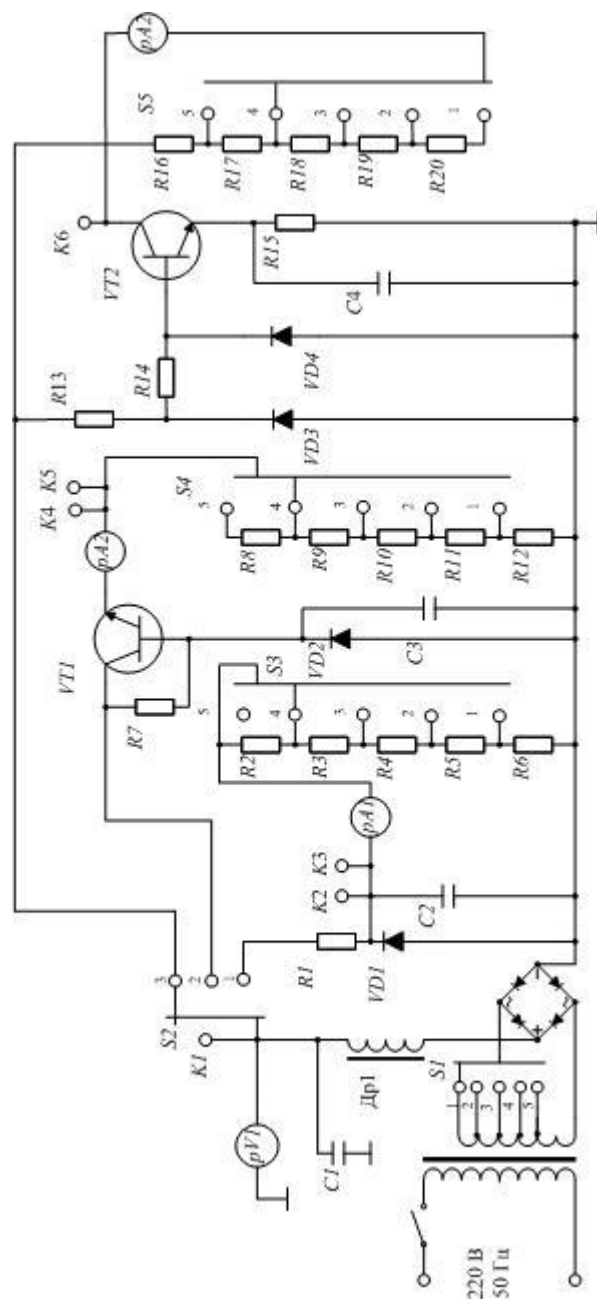


Рис.3.2

Порядок выполнения работы

1. Изучить схему установки, ее макет, порядок включения, назначение измерительных приборов и органов управления.

2. Исследовать работу схемы ПС напряжения на стабилитроне. Для этого необходимо включить установку, осциллограф и цифровой вольтметр. Перевести переключатель $S2$ в положение 1.

2.1. Снять зависимость режимов работы ПС напряжения на стабилитроне от входного напряжения U_1 . С этой целью:

а) переключатель $S3$ перевести в положение 3, $S1$ – в положение 1;

б) изменяя входное напряжение U_1 переводом переключателя $S1$ из положения 1 в положение 5, регистрировать значения U_1 и напряжения нагрузки U_n по показаниям цифрового вольтметра, поочередно подключая его к контактным клеммам $K1$ и $K2$; ток нагрузки I_n определять по показаниям миллиамперметра $PA1$; результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

| Положение $S1$ | Измеренные величины | | | Расчетные величины | | |
|-------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------|----------|
| | U_1 В | U_n В | I_n мА | P_1 мВт | P_n мВт | КПД % |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

При выполнении отчета дополнить табл. 1 расчетными данными, причем мощность P_1 , подводимая к стабилизатору, рассчитывается как

$$P_1 = \frac{U_1(U_1 - U_n)}{R_1},$$

где $R_1 = 50$ Ом; мощность в нагрузке $P_n = U_n I_n$, а коэффициент полезного действия $\text{КПД} = P_n / P_1$.

Определить коэффициент стабилизации ПС:

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta U_1}{U_1} : \frac{\Delta U_n}{U_n} = \frac{U_1(5) - U_1(1)}{U_1(1)} : \frac{U_n(5) - U_n(1)}{U_n(1)}.$$

в) Построить графики зависимостей $U_n = f(U_1)$, $\text{КПД} = f(U_1)$.

2.2. Исследовать зависимость режимов работы ПС напряжения на стабилитроне от сопротивления нагрузки. Для этого необходимо:

а) перевести переключатель $S1$ в положение 3, переключатель $S3$ – в положение 5;

б) изменяя сопротивление нагрузки переводом переключателя $S3$ из положения 5 в положение 1, измерить значения U_1 , U_H , амплитуд пульсаций U_{m1} , U_{mH} , подключая поочередно цифровой вольтметр и осциллограф к клеммам $K1$ и $K2$; ток нагрузки I_H определить по показаниям миллиамперметра $pA1$; данные свести в таблицу 2.

Таблица 2

| Поло- жение $S3$ | Измеренные величины | | | | | Расчетные величины | | | |
|------------------------|---------------------|------------|------------|----------------|----------------|--------------------|--------------|----------|-------|
| | I_H мА | U_H В | U_1 В | U_{mH} мВ | U_{m1} мВ | P_1 мВт | P_H мВт | КПД % | K_c |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |

Выполняя отчет, дополнить табл. 2 расчетными величинами, причем значения коэффициента сглаживания пульсаций рассчитывается, как

$$K_c = \frac{U_{m1}}{U_{mH}}.$$

Определить величину дифференциального сопротивления ПС.

$$R_d = \left| \frac{\Delta U_H}{\Delta I_H} \right| = \left| \frac{U_H(5) - U_H(1)}{I_H(5) - I_H(1)} \right|.$$

в) Вычислить для каждого положения $S3$ $R_H = U_H / I_H$, построить графики зависимостей $U_H = f(R_H)$, КПД = $f(R_H)$, $K_c = f(R_H)$.

3. Исследовать работу схемы ПС напряжения с эмиттерным повторителем. Переключатель $S2$ перевести в положение 2.

3.1. Снять зависимость режимов работы этого ПС от входного напряжения. Переключатель $S4$ установить в положении 3, далее провести измерения и расчеты согласно п. 2.1, заполнив таблицу, аналогичную таблице 1, причем для регистрации показаний U_H и I_H использовать клемму $K4$ и миллиамперметр $pA2$. Мощность P_1 в этом случае определяется как $P_1 = U_1 I_H$. Построить графики зависимостей $U_H = f(U_1)$, КПД = $f(U_1)$, $K_c = f(U_1)$.

3.2. Исследовать зависимость режимов работы ПС напряжения с эмиттерным повторителем от сопротивления нагрузки. Переключатель $S1$ перевести в положение 3, далее действовать в соответствии с последовательностью, описанной в п. 2.2. Заполнить таблицу, аналогичную таблице 2. Вычислить для каждого положения $S3$ $R_H = U_H / I_H$, построить графики зависимостей $U_H = f(R_H)$, КПД = $f(R_H)$, $K_c = f(R_H)$.

4. Исследовать работу схемы стабилизатора тока, для чего установить переключатель $S2$ в положение 3.

4.1. Изучить зависимость режимов работы стабилизатора тока от входного напряжения U_1 . Для этого переключатель $S1$ перевести в положение 1, а переключатель $S5$ – в положение 3. Переводя $S1$ из положения 1 в положение 5, регистрировать значения U_H , подключив цифровой вольтметр к клемме $K6$, и I_H по показаниям миллиамперметра $pA3$. Заполнить таблицу 3, и построить графики зависимостей $I_H=f(U_1)$, $U_H=f(U_1)$.

Таблица 3

| Положение $S1$ | $U_1, В$ | $U_H, В$ | $I_H, мА$ |
|----------------|----------|----------|-----------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

4.2. Снять зависимость режимов работы стабилизатора тока от сопротивления нагрузки. Перевести переключатель $S1$ в положение 3, $S5$ – в положение 1. Изменяя нагрузку переключением $S5$ из положения 1 в положение 5, измерить величины U_1 , I_H и U_H . Данные свести в таблицу 4.

Таблица 4

| Положение $S5$ | $I_H, мА$ | $U_H, В$ | $U_1, В$ | $R_H, Ом$ |
|----------------|-----------|----------|----------|-----------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

Вычислить для каждого положения $S5$ $R_H=U_H/I_H$, построить графики зависимостей $U_H=f(R_H)$, $I_H=f(R_H)$.

Оформление отчета

В отчете должны быть представлены:

1. Исследуемые схемы параметрических стабилизаторов.
2. Таблицы, содержащие результаты измерений и расчетов.
3. Графики зависимостей измеренных и расчетных величин, указанных в соответствующих пунктах.
4. Краткие выводы по результатам исследований.

Библиографический список

1. Электропитание устройств связи: Учебник для ВУЗов/Под ред. Ю.Д. Козлова. -М.: Радио и связь, 1998.-С. 130-142.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС. М.: Высшая школа, 1991. С. 152–161.
3. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: уч. пособие для вузов / В. М. Бушуев и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. С. 194 – 203.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОМПЕНСАЦИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С НЕПРЕРЫВНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Цель работы: Изучение принципов построения и исследование режимов работы автокомпенсационных стабилизаторов постоянного напряжения с непрерывным регулированием.

Методические указания по подготовке к работе

Принцип работы автокомпенсационных стабилизаторов (АС) напряжения основан на использовании регулируемых сопротивлений, величина которых изменяется посредством обратной связи. В качестве регулируемых сопротивлений чаще всего используются транзисторы.

Исследуемый в работе АС построен в соответствии с функциональной схемой, показанной на рис. 4.1.

Часть выходного напряжения U_H с делителя R_1, R_2 подается на схему сравнения (СС), где сравнивается с эталонным напряжением, сформированным параметрическим стабилизатором на стабилитроне VD и резисторе R_6 . Сигнал рассогласования (сигнал ошибки), усиленный усилителем постоянного тока (УПТ), управляет регулирующим транзистором VT таким образом, что изменение падения напряжения на нем компенсирует отклонение U_H от его номинального значения. Как видно, АС представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования с отрицательной обратной связью. Основные параметры АС (коэффициент стабилизации и внутреннее сопротивление) зависят от коэффициента усиления УПТ и применения ряда мер при построении схемы. Коэффициент стабилизации АС

$$K_{ст} = K_y a \frac{U_H}{U_1},$$

где K_y – коэффициент усиления УПТ; $a = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ – коэффициент деления делителя R_1, R_2 .

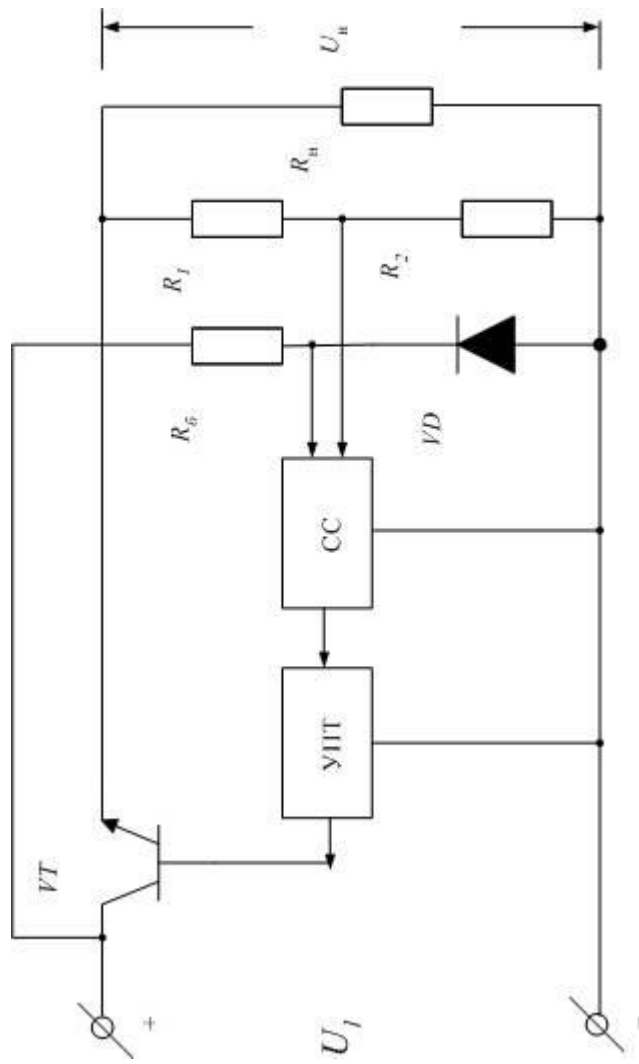


Рис.4.1

В применяемых на практике схемах АС $K_{ст}$ достигает нескольких сотен. При разработке АС напряжения могут использоваться интегральные микросхемы, что уменьшает габариты, повышает надежность и технологичность конструкции стабилизаторов. Однако в АС напряжения с непрерывным регулированием для обеспечения линейного режима работы регулирующего транзистора VT необходимо заметное превышение входного напряжения U_1 над U_n , что снижает КПД.

Описание лабораторной установки

Принципиальная схема исследуемого макета представлена на рис. 4.2. Она включает в себя выпрямитель, сглаживающий фильтр, стабилизатор напряжения, измерительные приборы и элементы коммутации.

Напряжение переменного тока с вторичной обмотки трансформатора $Tr1$ поступает на выпрямитель, собранный по мостовой схеме на диодах $VD1 - VD4$. Переменная составляющая выпрямленного напряжения сглаживается LC фильтром (дроссель Др.1 и конденсаторы $C1, C2$).

Работа блока стабилизации основана на принципе непрерывного регулирования с применением стабилизатора напряжения автокомпенсационного типа. Стабилизатор выполнен на микросхеме $D1$, которая представляет собой маломощный стабилизатор напряжения, рассчитанный на ток внешней нагрузки 100–150 мА.

Наличие внешнего упрочняющего транзистора $VT1$ позволяет увеличить потребляемый от стабилизатора ток до 1,7 А.

Установка номинального значения стабилизированного напряжения ($5,0 \pm 0,3$)В осуществляется переменным резистором $R2$, включенным в цепь делителя обратной связи $R1, R2, R3$.

Емкость $C4$, включенная параллельно цепи внешней нагрузки, и емкость $C3$ обеспечивают устойчивость работы схемы стабилизации при нагрузках импульсного характера.

Порядок выполнения работы

1. Изучить схему лабораторного макета, назначение измерительных приборов и органов управления.

2. Исследовать зависимость режимов работ АС от величины напряжения на входе U_1 . Для этого:

а) переключатель $S2$ установить в положение 3;

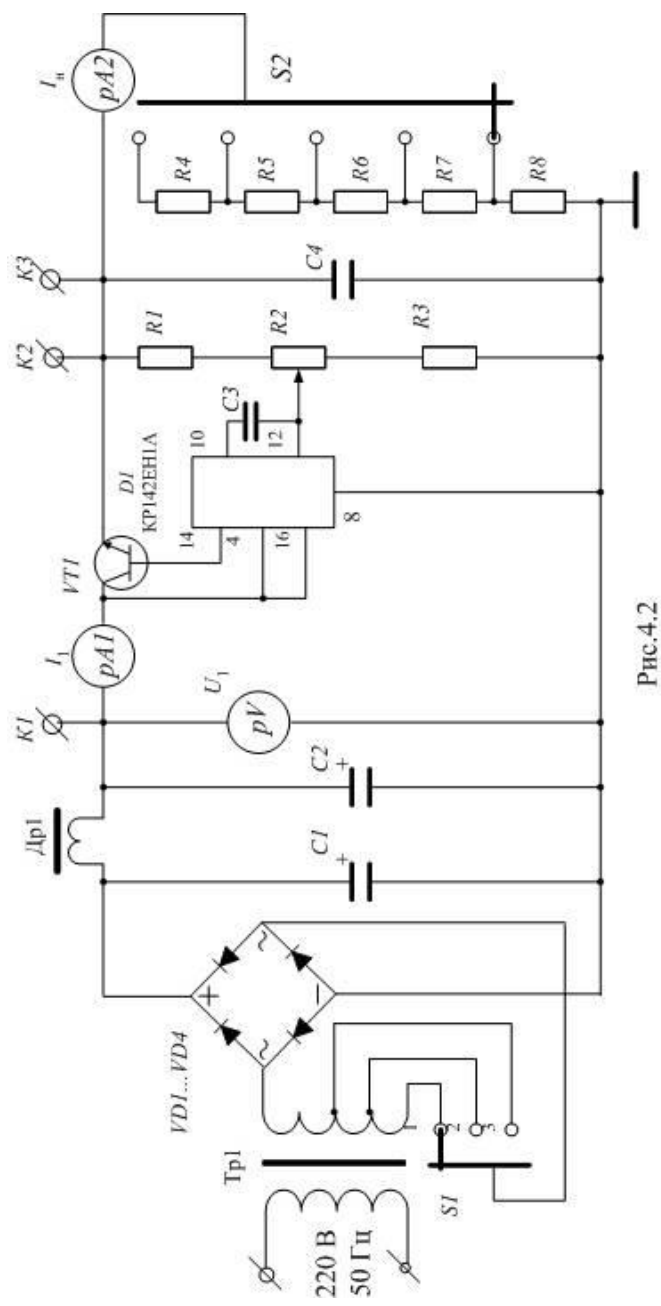


Рис.4.2

б) Изменяя величину входного напряжения U_1 переключателем $S1$, замерить значения U_1, I_1, I_H с помощью соответствующих измерительных приборов $pVI, pA1$ и $pA2$ лабораторного макета и значения U_H – с помощью цифрового вольтметра, подключаемого к клемме $K3$.

в) Для каждого значения U_1 измерить по осциллограммам амплитуды пульсаций на входе АС U_{m1} и на нагрузке U_{mH} , подключая осциллограф поочередно к клеммам $K1$ и $K2$.

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

| Поло- жение $S1$ | Измеренные величины | | | | | | Расчетные величины | | | |
|------------------------|---------------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|--------------------|-------------|----------|-------|
| | U_1 В | I_1 А | U_{m1} мВ | U_H В | I_H А | U_{mH} мВ | P_1 Вт | P_H Вт | КПД % | K_c |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |

При выполнении отчета дополнить таблицу 1 расчетными величинами в соответствии с выражениями:

$$P_1 = U_1 I_1; P_H = U_H I_H,$$

Определить значение коэффициента стабилизации

$$K_{CT} = \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} \right) : \left(\frac{\Delta U_H}{U_H} \right) = \frac{U_1(3) - U_1(1)}{U_1(1)} : \frac{U_H(3) - U_H(1)}{U_H(1)}.$$

Построить графики зависимостей $U_H = f(U_1), КПД = f(U_1), K_c = f(U_1)$.

3. Исследовать зависимость режимов работы АС от тока нагрузки. Для этого:

а) Переключатель входного напряжения $S1$ поставить в положение 3;

б) Изменяя величину тока нагрузки I_H переключателем $S2$, замерить значения U_1, I_1, I_H с помощью соответствующих измерительных приборов $pVI, pA1$ и $pA2$ лабораторного макета и значения U_H – с помощью цифрового вольтметра, подключаемого к клемме $K3$.

в) Для каждого значения U_1 измерить по осциллограммам амплитуды пульсаций на входе АС U_{m1} и на нагрузке U_{mH} , подключая осциллограф поочередно к клеммам $K1$ и $K2$.

Результаты измерений внести в таблицу 2.

| Положение S | Измеренные величины | | | | | | Расчетные величины | | | |
|------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|------------------|--------------------|---------------|----------|-------|
| | U_1 , В | I_1 , А | U_{m1} , мВ | U_n , В | I_n , А | U_{mn} , мВ | P_1 , Вт | P_n , Вт | КПД % | K_c |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |

Рассчитать значение дифференциального сопротивления АС напряжения

$$R_d = \left| \frac{\Delta U_n}{\Delta I_n} \right| = \left| \frac{U_n(5) - U_n(1)}{I_n(5) - I_n(1)} \right|.$$

Построить графики зависимостей $U_n=f(I_n)$, $\text{КПД}=f(I_n)$, $K_c=f(I_n)$.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Принципиальную схему лабораторного макета.
2. Результаты измерений и расчетов в табл. 1 и 2.
3. Графики измеренных и рассчитанных величин.
4. Краткие выводы по проведенным исследованиям.

Библиографический список

1. Электропитание устройств связи: Учебник для ВУЗов/Под ред. Ю.Д. Козлова. -М.: Радио и связь, 1998.-С. 142-153.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС. М.: Высшая школа, 1991. С. 162–179.
3. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: уч. пособие для вузов / В. М. Бушуев и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. С. 204 – 223.

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОМПЕНСАЦИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Цель работы: изучение принципов работы и исследование характеристик автокомпенсационного стабилизатора постоянного напряжения с импульсным режимом регулирования.

Методические указания по подготовке к работе

Принцип действия автокомпенсационного стабилизатора постоянного напряжения с импульсным регулированием (импульсного стабилизатора) основан на использовании ключевого режима работы регулирующих транзисторов. Энергия от источника в этом случае потребляется прерывисто с определенной частотой и в течение временного интервала, определяемого длительностью отпирающего ключевой каскад импульса. Регулируя длительность импульсов, обеспечивают ту или иную величину потребления энергии нагрузкой за счет поддержания стабильным среднего значения выпрямленного напряжения.

Структурная схема изучаемого в работе импульсного стабилизатора представлена на рис. 5.1. Напряжение с выхода сетевого выпрямителя через сглаживающий фильтр поступает на вход ключевого каскада, на другой вход которого подается отпирающий импульс. При подаче отпирающих импульсов через ключевой каскад протекают импульсы тока, создающие во вторичной обмотке трансформатора импульсное напряжение с частотой, определяемой задающим генератором. Длительность импульсов регулируется автоматически с помощью петли обратной связи. Импульсное выходное напряжение сравнивается с эталонным в интеграторе, вырабатывающем пилообразное напряжение, скорость нарастания которого пропорциональна разности амплитуды импульсов и эталонного напряжения. Широтно-импульсный модулятор (ШИМ) запускается импульсами задающего генератора с частотой (15...25) кГц, а сбрасывается импульсами, получаемыми в результате сравнения пилообразного напряжения интегратора и опорного напряжения. Таким образом, длительность импульсов ШИМ определяется крутизной пилы, причем, чем выше ее крутизна, тем короче импульсы. Сокращение длительности отпирающих импульсов приводит к уменьшению среднего значения выпрямленного выходного напряжения, а увеличение – к возрастанию. Выходной сглаживающий фильтр подавляет гармонические составляющие выпрямленного тока. В составе схемы также имеется вспомогательный источник питания малой мощности для обеспечения работы ряда управляющих устройств (интегратора, модулятора и др.) и получения опорного напряжения.

Основным достоинством импульсных стабилизаторов является высокий КПД, обусловленный минимальными потерями мощности в регулирующих транзисторах, работающих в ключевом режиме. КПД поддерживается постоян-

но высоким при достаточно широких изменениях выходного напряжения стабилизатора. К недостаткам следует отнести существенную амплитуду пульсаций, что требует принятия специальных мер при проектировании радиоустройств.

Описание лабораторной установки

Принципиальная схема макета представлена на рис. 5.2. В схеме допущены отдельные упрощения при показе каскадов, изучение которых выходит за рамки данного курса. Силовая часть источника включает трансформатор $Tr1$, автотрансформатор $Tr2$, позволяющий регулировать входное напряжение U_1 , мостовой выпрямитель $VD1...VD4$ и фильтр $C2, C3, Dr1$. Ключевой каскад выполнен на транзисторах $VT3$ и $VT4$, нагруженных на импульсный трансформатор $Tr4$. Гирлянды резисторов и диодов в базовых цепях ключевых транзисторов служат для ограничения амплитуд отпирающих импульсов и базовых токов. Ко вторичной обмотке импульсного трансформатора $Tr4$ подключены однотоковый выпрямитель на параллельно включенных вентилях $VD18...VD21$ и П-образный сглаживающий фильтр $C9, C10, Dr2$. Переключатель $S1$ позволяет изменять нагрузку стабилизатора. С помощью приборов $PA1, PVI, PA2, PV2$ измеряются токи и напряжения, действующие в схеме. На входы интегратора DI подаются эталонное напряжение, формируемое стабилитроном $VD5$ и делителем $R2, R3$, и выходное импульсное напряжение с вторичной обмотки $Tr4$. Усилитель $VT1, VT2$ обеспечивает требуемую амплитуду и мощность отпирающих импульсов, сформированных широтно-импульсным модулятором.

Порядок выполнения работы

1. Изучить схему лабораторного макета, назначение измерительных приборов и органов управления.

2. Установить ток нагрузки с помощью переключателя $S1$ $I_n=7,5$ А, с помощью регулятора U_1 напряжение 300 В. Подключая последовательно осциллограф к клеммам $K1, K2, K3, K4, K5$ и $K6$, снять осциллограммы напряжений в указанных точках схемы. Цифровой вольтметр подключить к клемме $K7$.

3. Исследовать зависимость режима работы стабилизатора от изменения напряжения на его входе. Для этого, последовательно устанавливая регулятором U_1 входное напряжение 300 В, 280 В, 260 В, 240 В, 220 В, 200 В и 180 В, измерить значения I_1 и U_n (с помощью цифрового вольтметра). Одновременно фиксировать длительность отпирающего импульса $\tau_{шип}$, подключив осциллограф к клемме $K4$.

Результаты измерений свести в таблицу 1, при оформлении отчета по полученным данным произвести расчет следующих величин:

- мощность, потребляемую стабилизатором, $P_1=U_1I_1$;
- мощность в нагрузке $P_n=U_nI_n$;
- КПД стабилизатора $\eta=P_n/P_1$.

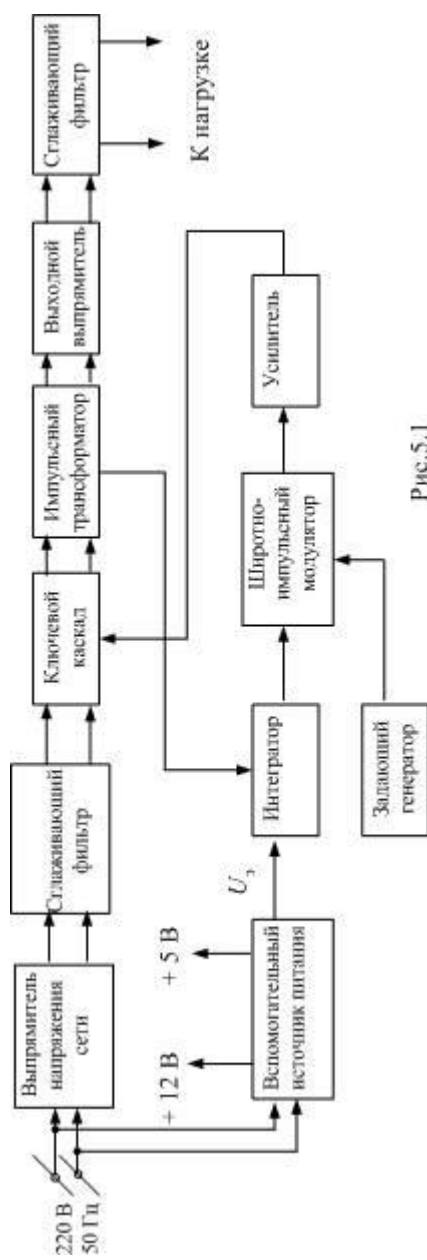


Рис. 5.1

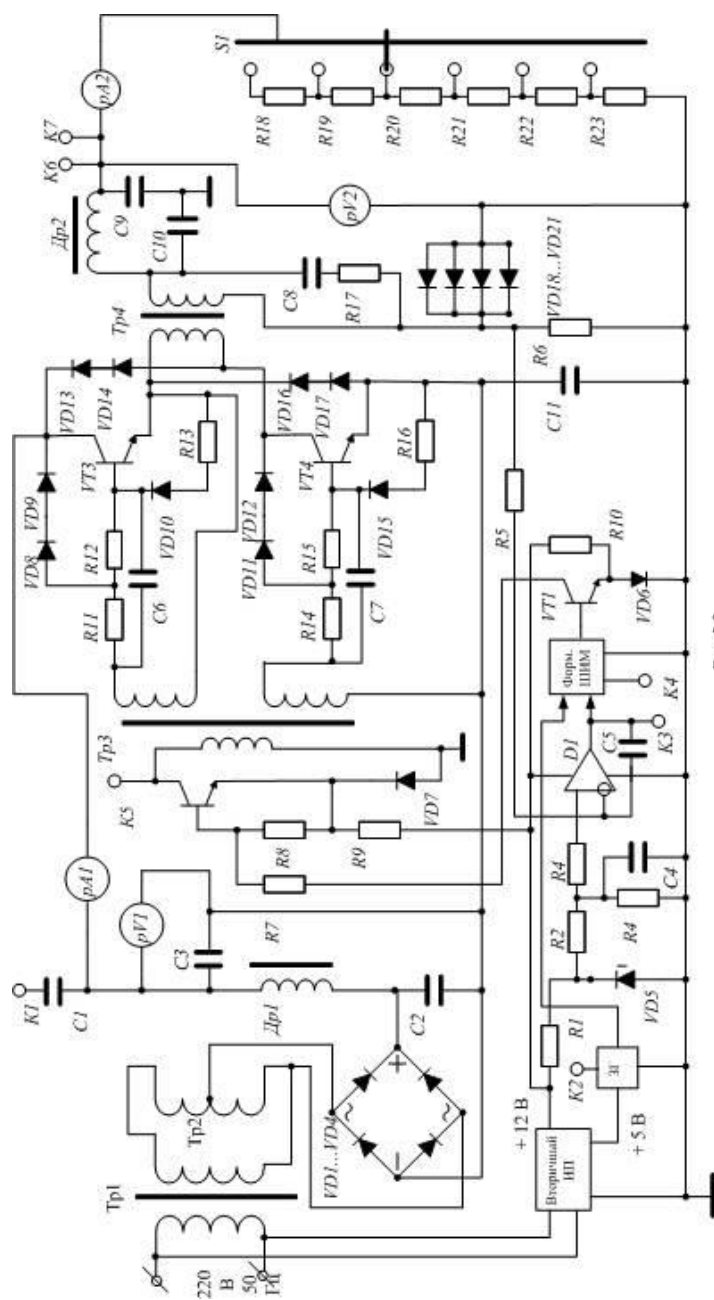


Fig. 5.2

Таблица 1

| № п/п | U_1 В | Измеренные величины | | | Расчетные величины | | |
|----------|------------|----------------------------|-------------|------------|--------------------|-------------|----------|
| | | $\tau_{\text{шим}}$ мкс | I_1 мА | U_H В | P_1 Вт | P_H Вт | КПД % |
| 1 | 300 | | | | | | |
| 2 | 280 | | | | | | |
| 3 | 240 | | | | | | |
| 4 | 220 | | | | | | |
| 5 | 200 | | | | | | |
| 6 | 180 | | | | | | |
| 7 | 160 | | | | | | |

Рассчитать коэффициент стабилизации

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta U_1}{U_1(1)} : \frac{\Delta U_H}{U_H(1)},$$

где $\Delta U_1 = U_1(1) - U_1(7)$, $\Delta U_H = U_H(1) - U_H(7)$.

4. Исследовать зависимость режимов работы импульсного стабилизатора от тока нагрузки:

а) установить входное напряжение $U_1 = 300$ В;

б) изменяя с помощью переключателя $S1$ сопротивление нагрузки R_H , измерить для каждого значения тока нагрузки входной ток I_1 , напряжение U_H , длительность импульса $\tau_{\text{шим}}$ (К4);

в) результаты измерений свести в таблицу 2, дополнив ее расчетными значениями P_1 , P_H , КПД.

Таблица 2

| По- ло- же- ние $S1$ | Измеренные величины | | | | Расчетные величины | | |
|----------------------------------|---------------------|------------|-------------|------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| | I_H А | U_H В | I_1 мА | $\tau_{\text{шим}}$, мкс | P_1 Вт | P_H Вт | КПД % |
| 1 | 2,5 | | | | | | |
| 2 | 5,0 | | | | | | |
| 3 | 7,5 | | | | | | |
| 4 | 10,0 | | | | | | |
| 5 | 12,5 | | | | | | |
| 6 | 15,0 | | | | | | |

Рассчитать внутреннее сопротивление стабилизатора

$$R_i = \left| \frac{\Delta U_H}{\Delta I_H} \right|,$$

где $\Delta U_H = U_H(1) - U_H(6)$; $\Delta I_H = I_H(1) - I_H(6)$.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Принципиальную схему лабораторного макета.
2. Результаты измерений и расчетов по табл. 1, 2.
3. Графики измеренных и рассчитанных величин как функций аргументов U_1 (табл. 1) и I_n (табл. 2).
4. Краткие выводы по проведенным исследованиям.

Библиографический список

1. Электропитание устройств связи: Учебник для ВУЗов/Под ред. Ю.Д. Козлова. - М.: Радио и связь, 1998. С. 153 - 157.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС. М.: Высшая школа, 1991. С. 189–207.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ И РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ТИРИСТОРАХ

Цель работы: изучение принципов работы и исследование характеристик управляемых выпрямителей и регуляторов напряжения на тиристорах.

Методические указания по подготовке к работе

В управляемых выпрямителях в качестве вентилях используются тиристоры (трехэлектродные приборы с четырехслойной полупроводниковой структурой) и симисторы. Крайние p и n области полупроводниковой структуры тиристора называются соответственно катодом и анодом.

Проводящий тиристор, как и обычный полупроводниковый диод, имеет вентильную характеристику: он представляет небольшое сопротивление для прямого тока и весьма значительное для обратного. Однако наличие у тиристора третьего, управляющего, электрода придает ему свойства, которых обычный диод не имеет. Действительно, если на управляющий электрод сигнал не подан, то тиристор не проводит ток в обоих направлениях. Это качество тиристоров позволяет создавать на их основе выпрямительные устройства, обладающие свойствами, реализация которых у обычных выпрямителей затруднительна или же невозможна. Так, тиристорные выпрямители позволяют, во-первых, при необходимости автоматически отключать нагрузку и, во-вторых, плавно регулировать выходное напряжение.

Тиристорные выпрямители выполняются по известным схемам (одно-, двухполупериодные, мостовые и. т. д), у которых диоды частично или полностью заменяются тиристорами.

Если на управляющий вход тиристора подать постоянное напряжение, то он будет открыт и его работа не будет отличаться от работы обычного выпрямительного диода. При снятии управляющего напряжения тиристор будет продолжать пропускать ток до его естественного снижения по синусоидальному закону до нуля. В обратном направлении тиристор уже не включится.

Для плавного регулирования выходного напряжения в выпрямителях используются принципы фазового управления тиристорами. Если задержать момент подачи управляющего импульса на некоторый произвольный угол α и периодически подавать эти импульсы с такой же задержкой относительно естественной точки перехода напряжения через нулевое значение, то к нагрузке R_n будет прикладываться только часть синусоидального напряжения $U_{вх}$, соответствующая времени проводимости тиристора. Действующее значение напряжения в этом случае снизится. При дальнейшем увеличении угла регулирования α будет снижаться действующее значение напряжения U , которое определяется выражением:

$$U_n = \frac{1}{2} U_m \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{4\pi}} \quad (1)$$

где U_m – амплитудное значение.

В тиристорных выпрямителях с регулируемым выходным напряжением обычно используются фильтры, начинающиеся с индуктивности или резистора, чтобы уменьшить броски тока через открывающийся тиристор, обусловленные зарядным током конденсаторов фильтра. Активно-индуктивная нагрузка может быть и при работе на обмотки электродвигателей.

В этом случае при открывании тиристора через нагрузку начинает протекать ток, но ЭДС самоиндукции в индуктивном элементе нагрузки действует против входного напряжения и препятствует нарастанию тока. Когда ток начинает спадать ЭДС изменяет свой знак, и затягивает его в зону отрицательного напряжения. Действующее значение тока, проходящего через нагрузку при этом определяется:

$$I_n = \frac{U_m}{4} \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{\pi(R_n^2 + X_n^2)}} \quad (2),$$

где R_n - активное сопротивление нагрузки, X_n – индуктивное сопротивление нагрузки.

Уменьшить влияние ЭДС самоиндукции и тем самым увеличить плавность управления можно, если шунтировать индуктивность диодом в обратном включении.

В отличие от тиристора симистор проводит ток в обоих направлениях. Его можно рассматривать как трехэлектродный полупроводниковый прибор, который может быть переключен из закрытого состояния в открытое и наобо-

рот при любой полярности напряжения на основных электродах. Для симистора не применимы понятия катод и анод.

Описание лабораторной установки

Исследования проводятся на макете, принципиальная схема которого приведена на рис. 6.1. Макет позволяет исследовать тиристорные однофазный однократный выпрямитель, однофазный двухтактный выпрямитель, регулятор напряжения при работе на разные нагрузки.

Порядок выполнения работы

1. Включить макет тумблером $S1$ «Сеть».

2. Исследовать однофазную однократную схему выпрямления и регулятор напряжения на тиристорах при работе на активную нагрузку (снятие нагрузочных характеристик).

Установить переключатель $S2$ в положение 4. Тумблером $S4$ зашунтировать дроссель $Dr1$. Переключатель $S6$ «Нагрузка» установить в положение 1 (минимальная нагрузка). Потенциометром $R3$ установить ток через нагрузку ... А. Изменяя активную нагрузку измерить значения тока через нагрузку I_n и напряжение на нагрузке U_n с помощью приборов $pA2$ и pV . Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

| Сопротивление нагрузки $S6$ (положение) | Ток нагрузки, (I_n) мА | Напряжение нагрузки (U_n), В |
|---|----------------------------|----------------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

3. Исследовать однофазную однократную схему выпрямления и регулятор напряжения на тиристорах при работе на индуктивную нагрузку (снятие нагрузочных характеристик).

Установить переключатель $S2$ в положение 4, тумблером $S4$ включить дроссель $Dr1$. Переключатель $S6$ «Нагрузка» установить в положение 1 (минимальная нагрузка). Потенциометром $R3$ установить ток через нагрузку ... А. Изменяя активную нагрузку измерить значения тока через нагрузку и напряжение на нагрузке. Данные занести в таблицу , аналогичную таблице 1.

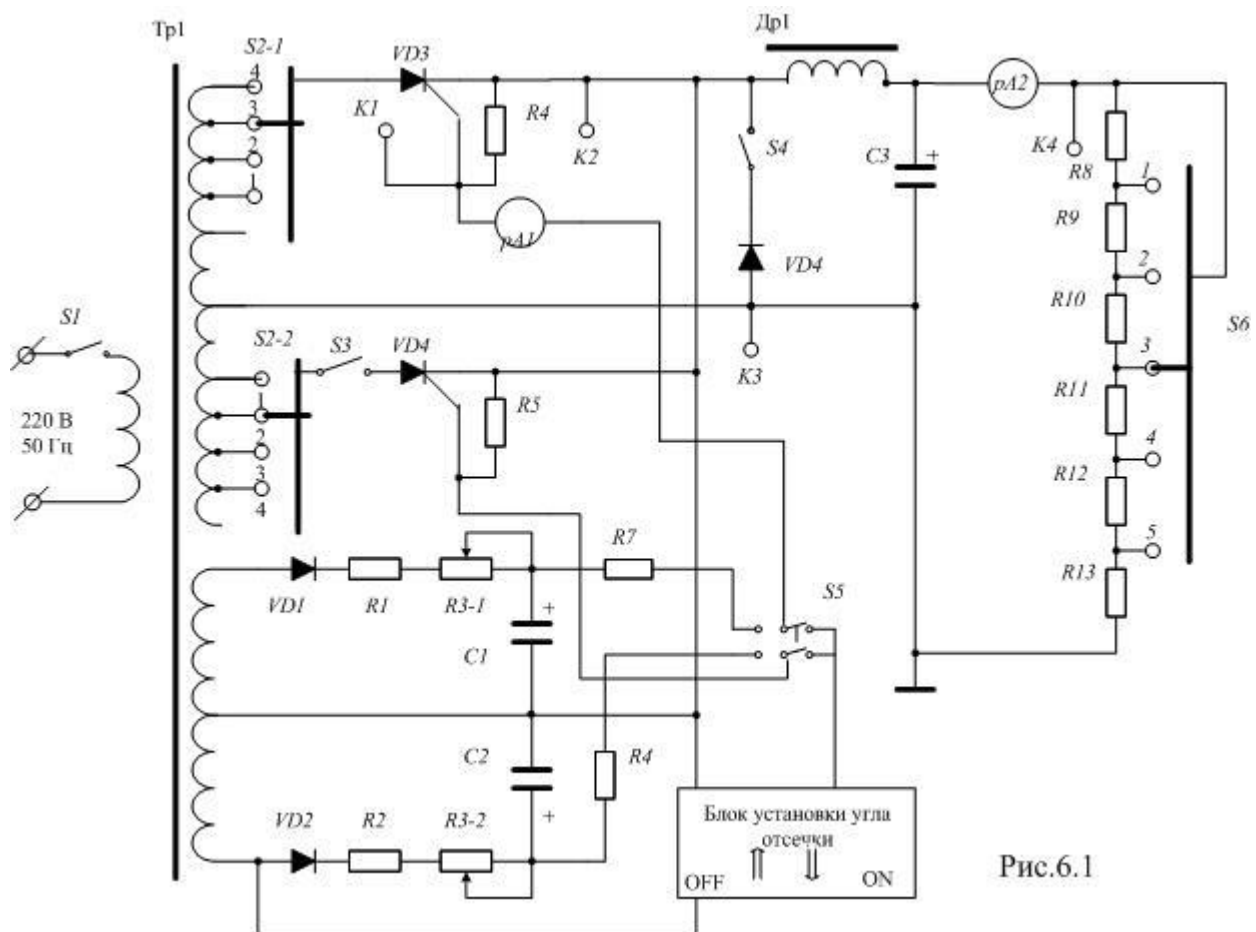


Рис.6.1

Исследование влияния шунтирующего диода. Переключатель $S6$ «Нагрузка» установить в положение 3, зарисовать осциллограммы напряжений в контрольных точках $K2$ и $K4$. Включить $VD5$ тумблером $S4$ и зарисовать осциллограммы в точках $K2$ и $K4$. Осциллограммы зарисовывать с привязкой к управляющему импульсу.

4. Исследовать однофазную двухтактную схему выпрямления и регулятор напряжения на тиристорах при работе на активно-индуктивную нагрузку (снятие нагрузочных характеристик).

Включить тумблер $S3$. Переключатель $S6$ «Нагрузка» установить в положение 3. Переключатель $S5$ установить в положение «угол отсечки», на наборном поле нажать клавишу «ON» и с помощью клавиш «↑» и «↓» установить на индикаторе значение требуемого угла отсечки, затем нажать клавишу «OFF». изменяя значения угла отсечки α в пределах от 0° до 180° через 10° измерить значения тока и напряжения через нагрузку. Данные занести в таблицу 2. По формулам (1,2) рассчитать теоретические значения тока и напряжения и сравнить с полученными результатами. При расчетах считать $U_m =$, $R_n =$, $X_n =$.

Таблица 2.

| Угол отсечки, α | Ток нагрузки, мА | Напряжение нагрузки, В | Ток нагрузки, мА (расчетное) | Напряжение нагрузки, В (расчетное) |
|------------------------|------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 0° | | | | |
| 10° | | | | |
| 20° | | | | |
| ... | | | | |
| 180° | | | | |

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Принципиальную схему лабораторного макета.
2. Результаты измерений и расчетов в таблицах.
3. Графики измеренных величин U_n и I_n как функций от сопротивления нагрузки R_n .
4. Осциллограммы напряжений.
5. Графики измеренных и рассчитанных величин U_n и I_n как функций от угла отсечки α .
6. Краткие выводы по проведенным исследованиям.

Библиографический список

1. Кублановский Я.С. Тиристорные устройства М.: Радио и связь, 1987. 112 с.
 2. Евсеев Ю.А. Крылов С.С. Симисторы и их применение в бытовой электроаппаратуре М.: Энергоатомиздат. 1990. 120 с.
-

Содержание

| | |
|--|----|
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 | 1 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЯ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ | 3 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 | 9 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФАЗНЫХ СХЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЯ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ | 9 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 | 15 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА | 15 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 | 22 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОМПЕНСАЦИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С НЕПРЕРЫВНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ | 22 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 | 28 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОМПЕНСАЦИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ | 28 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 | 33 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ И РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ТИРИСТОРАХ | 33 |