**Лабораторная/практическая работа**

**НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ**

**Цель работы:** исследование различных режимов работы однофазных неуправляемых выпрямительных схем и сглаживающих фильтров.

**Общие сведения**

*Полупроводниковым выпрямителем* называют статическое электронное устройство, предназначенное для преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока.

На базе полупроводниковых выпрямителей построены схемы питания промышленной, транспортной и бытовой аппаратуры, радиоэлектронной и микропроцессорной техники. Мощные полупроводниковые выпрямители применяются в электроприводе для питания двигателей постоянного тока и цепей возбуждения синхронных машин.

Полупроводниковые выпрямители классифицируют по следующим признакам:

1. по мощности: маломощные – до 600 Вт, средней мощности – до 100 кВт и большой мощности – более 100 кВт;
2. по использованию полупериодов переменного напряжения: *однополупериодные* и *двухполупериодные*;
3. по количеству используемых фаз: *однофазные*, *двухфазные* и *трёхфазные*;
4. по схеме выпрямления – *мостовые*, *с умножением напряжения*, *трансформаторные*, *бестрансформаторные* и др.;
5. по управляемости – *неуправляемые* и *управляемые*.

Под *схемой выпрямления* понимают схему соединения обмоток трансформатора и порядок присоединения диодов к вторичным обмоткам трансформатора.

Классическая структура полупроводникового выпрямителя состоит из трансформатора напряжения *ТН*, диодного блока *ДБ*, сглаживающего фильтра *СФ* и стабилизатора напряжения *СН* (рис. 1).

Рис. 1. Структурная схема полупроводникового выпрямителя

*СФ*

*Uф*

*ТН*

*ДБ*

*U*1

*U*2

*Uп*

*СН*

*Uс*

*ТН* (обычно понижающий) служит для согласования входного и выходного напряжения выпрямителя и электрического разделения отдельных цепей выпрямителя (т.е. разделяет питающую сеть и сеть нагрузки). Диоды составляют *ДБ*, преобразующий переменное напряжение *U*2 (рис. 2, *а*) в пульсирующее *Uп* (рис. 2, *б*), т.е. напряжение постоянной полярности, но переменной величины. *СФ* представляет собой различное сочетание активных и реактивных элементов и уменьшает пульсацию выпрямляемого напряжения. *СН* служит для стабилизации сглаженного напряжения *Uф* при колебаниях напряжения питающей сети или при изменении тока нагрузки. Стабилизированное напряжение *Uс* подводится к нагрузке. Иногда трансформатор или фильтр в полупроводниковом выпрямителе могут отсутствовать.

Рис. 2. Диаграммы напряжений при выпрямлении:

*а* – до *ДБ*; *б* – после *ДБ* до *СФ*; *в* – после *СФ*

*а*

*u*2

0

*б*

*в*

ω*t*

*uп*

0

ω*t*

*uф*

0

ω*t*

*U*0

*U*0

Пульсирующее (*Uп* – до *СФ*) и сглаженное (*Uф* – после *СФ*) (рис. 2, *б* и *в*) напряжения, как и любую периодическую несинусоидальную функцию, можно разложить в ряд Фурье, т.е. представить в виде суммы постоянной составляющей и суммы переменных гармонических составляющих. Первый член разложения в ряд Фурье – постоянная составляющая *U*0 – среднее значение выпрямленного напряжения, а сумма последующих членов – переменных гармонических составляющих – называется напряжением пульсаций ~*Uп*.

Величина пульсаций оценивается *коэффициентом пульсаций Kп*, равным отношению амплитуды напряжения пульсаций ~*Uп*max к постоянной составляющей выпрямленного напряжения *U*0:

. (10.17)

На практике для вычисления амплитуды пульсаций сглаженного напряжения *Uф* из-за сложности формы пользуются его наибольшим *uф*(*t*)max и наименьшим *uф*(*t*)min мгновенными значениями (рис. 3):

. (10.18)

Рис. 3. Определение амплитуды пульсаций

*uф*

0

ω*t*

*uф*(*t*)max

*uф*(*t*)min

Основные параметры выпрямительных схем:

* постоянная составляющая выпрямленного напряжения *U*0;
* постоянная составляющая выпрямленного тока *I*0;
* амплитуда пульсаций ~*Uп*max;
* коэффициент пульсаций *Kп*;
* коэффициент сглаживания пульсаций *q*.

Для оценки качества работы сглаживающего фильтра вводится *коэффициент сглаживания пульсаций* *q*, равный отношению коэффициента пульсаций схемы без фильтра к коэффициенту пульсаций схемы с фильтром:

.

В тех случаях, когда требуются большие величины *q*, применяются многозвенные фильтры, которые представляют собой ряд простых фильтров, соединённых последовательно. В данном случае суммарный коэффициент сглаживания пульсаций

.

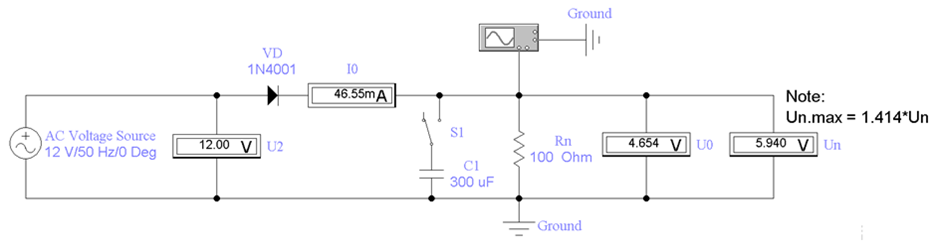
Выбор схемы выпрямления зависит от требований, предъявляемых к выпрямительному устройству, и возможности реализации той или иной выпрямительной схемы.

**Методика проведения работы**

Лабораторная работа проводится в программе Electronics Workbench на моделях однофазных выпрямительных схем (рис. 4 и 5).

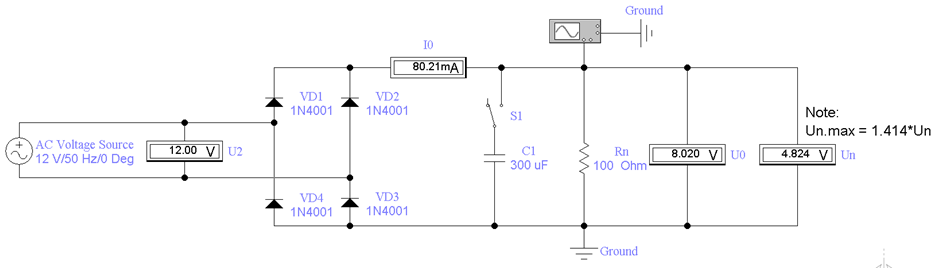
*Однофазная однополупериодная схема* состоит из одного полупроводникового диода VD, включенного последовательно с нагрузкой – резистором Rn (рис. 4). В схеме присутствует ёмкостный сглаживающий фильтр – конденсатор С1 ёмкостью 300 мкФ.

Рис. 4. Схема модели однофазного однополупериодного выпрямителя в EWB



*Однофазная двухполупериодная мостовая* *схема*, имеет четыре диода VD1 – VD4, включенных мостом (рис. 5). Пара диодов VD1 и VD3 и пара VD2 и VD4 поочередно проводят ток к нагрузке – резистору Rn. В схеме присутствует ёмкостный сглаживающий фильтр – конденсатор С1 ёмкостью 300 мкФ.

Рис. 5. Схема модели мостового двухполупериодного выпрямителя в EWB



В той и другой схеме параллельно нагрузке включаются вольтметры, измеряющие постоянную и переменную составляющие выпрямленного напряжения *U*0 и ~*Uп*, а последовательно с нагрузкой – амперметр, измеряющийпостоянную составляющую выпрямленного тока *I*0. Так же для визуального наблюдения формы сигнала выпрямленного напряжения имеется виртуальный осциллограф. Подключение фильтра в цепь осуществляется настройками ключа S1.

В процессе эксперимента необходимо измерить/вычислить электрические параметры *однофазной однополупериодной* и *двухполупериодной мостовой* *схем*, согласно таблицам 1 и 2.

**Порядок выполнения работы**

*Экспериментальная часть*

1. Скачать программу Electronics Workbench ([EWB512.exe](https://portal.sibadi.org/pluginfile.php/195250/mod_folder/content/0/EWB512.exe?forcedownload=1)) со страницы курса [Электротехника](https://portal.sibadi.org/course/view.php?id=1292) учебного портала СибАДИ (папка [Виртуальные лабораторные работы](https://portal.sibadi.org/mod/folder/view.php?id=83321) раздела Лабораторные работы. Распаковать архив в корень диска C, получится c:\EWB512.
2. Скачать из папки [Виртуальные лабораторные работы](https://portal.sibadi.org/mod/folder/view.php?id=83321) файлы моделей [Однофазный однополупериодный выпрямитель.ewb](https://portal.sibadi.org/pluginfile.php/195250/mod_folder/content/0/%D0%9E%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C.ewb?forcedownload=1) и [Мостовой двухполупериодный выпрямитель.ewb](https://portal.sibadi.org/pluginfile.php/195250/mod_folder/content/0/%D0%9C%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%B4%D0%B2%D1%83%D1%85%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C.ewb?forcedownload=1). Поместить файлы моделей в папку с программой (c:\EWB512\).
3. Запустить программу (WEWB32.EXE) открыть из неё файл модели исследуемой схемы. Запуск моделирования производится через меню программы (Analysis\Activate). Остановка моделирования производится через меню программы (Analysis\Stop). Или виртуальным выключателем в верхнем правом углу программы.
4. Исследовать модель *однофазной однополупериодной схемы* **без фильтра**. Ключ S1 **по умолчанию** установлен так, что сглаживающий фильтр – конденсатор С1 **отключен**. Значения нагрузочного резистора Rn меняем 6 раз, согласно количеству строк в табл. 1 (вкладка Value в настройках резистора: 100, 90, 80, 70, 60, 50 Ом). Занести результаты измерений в табл. 1. Остановить моделирование.

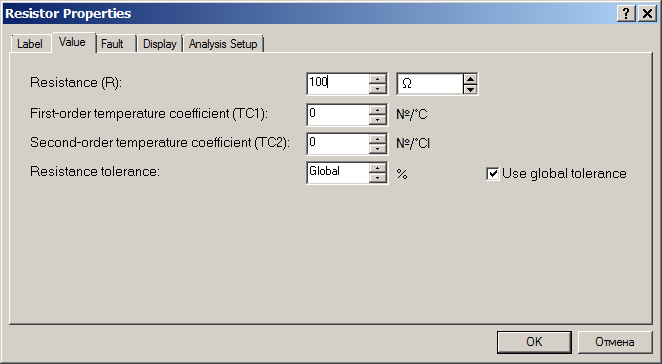
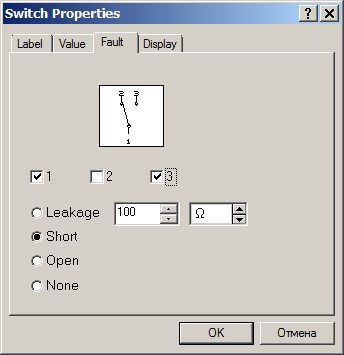
 Установка значений резистора Rn

Таблица 1 – Однофазный однополупериодный выпрямитель

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | **без фильтра** | | | | | **с ёмкостным фильтромC1** | | | | | |
| ***U*2** | ***I*0** | ***U*0** | ***~Uп.*max** | ***Kп*** | ***U*2** | ***I*0** | ***U*0** | ***~Uп.*max** | ***Kп*** | ***q*** |
| **В** | **мА** | **В** | **В** | **-** | **В** | **мА** | **В** | **В** | **-** | **-** |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Исследовать модель *однофазной однополупериодной схемы* **с фильтром**. В настройках ключа S1 установить **замыкание контактов** 1 и 3 для **подключения конденсатора** С1. Значения нагрузочного резистора Rn меняем 6 раз, как и п. 4. Занести результаты измерений в табл. 1. Остановить моделирование.

 Замыкание контактов 1 и 3 ключа S1

1. Повторить опыты, описанные в пп. 4 и 5 для *двухполупериодной мостовой* *схемы* **без фильтра и с фильтром**. Занести результаты измерений в табл. 2. Остановить моделирование.

Таблица 2 – Двухполупериодный мостовой выпрямитель

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | **без фильтра** | | | | | **с ёмкостным фильтромC1** | | | | | |
| ***U*2** | ***I*0** | ***U*0** | ***~Uп.*max** | ***Kп*** | ***U*2** | ***I*0** | ***U*0** | ***~Uп.*max** | ***Kп*** | ***q*** |
| **В** | **мА** | **В** | **В** | **-** | **В** | **мА** | **В** | **В** | **-** | **-** |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Снять осциллограммы напряжений на нагрузочном резисторе Rn для последней строки табл. 1 и 2 схем **без фильтра и с фильтром.**

*Расчётно-графическая часть*

1. Рассчитать значения коэффициента пульсаций *Kп*.
2. Рассчитать значения коэффициента сглаживания пульсаций фильтра *q* для однополупериодной и мостовой схем **с фильтром.**
3. Построить характеристики *U*0 (*I*0) и *Kп*(*I*0) для однополупериодной и мостовой схем **с фильтром**.

**Содержание отчета**

1. Наименование работы и её цель.
2. Схемы моделей выпрямительных схем.
3. Таблицы с результатами испытания и вычислений.
4. Расчетные формулы электрических параметров схем.
5. Осциллограммы выпрямленных напряжений.
6. Характеристики *U*0 (*I*0) и *Kп*(*I*0) для схем **с фильтром**.
7. Краткие выводы по работе.