

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

В.Г. КАЗАЧКОВ, Е.В. ВОЛКОВ

# ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 23(2)

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2005

УДК 621.314.69(07)  
ББК 31.264.5я7  
К 14

Рецензент  
кандидат технических наук, доцент Э.А. Савченков

К 14                    **Казачков В.Г., Волков Е.В.**  
**Принцип работы электронного выпрямителя [Текст]: методические указания к лабораторной работе / В.Г. Казачков, Е.В. Волков / - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 9 с.**

Методические указания включают теоретическое изложение материала и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Физика» для студентов всех специальностей.

ББК 31.264.5я7

© Казачков В.Г., 2005  
© Волков Е.В., 2005  
© ГОУ ОГУ, 2005

# 1 Лабораторная работа № 23(2). Принцип действия электронного выпрямителя

## 1.1 Цель работы

1.1.1 Изучение принципиальной схемы электронного выпрямителя

1.1.2 Изучение физического принципа работы сглаживающего фильтра

## 1.2 Теоретические сведения

Благодаря удобству генерирования и передачи переменные токи получили исключительно широкое применение. Тем не менее, во многих случаях (технике связи, вычислительной технике, телевидении, транспорте) необходим постоянный ток. Получение постоянного тока из переменного осуществляется с помощью специальных устройств – выпрямителей. В основе выпрямления тока лежит свойство электронных ламп (кенотронов) и полупроводниковых диодов пропускать электрический ток в одном направлении. Следует иметь в виду, что полупроводниковые диоды пропускают ток и в обратном направлении, но этот ток мал по сравнению с током основного (прямого) направления, и в большинстве практических случаев им можно пренебречь.

Существуют различные схемы выпрямителей. Выбор схемы выпрямителя зависит от требований к выпрямленному току и его величины, а так же от целого ряда конструктивных особенностей. В работе рассматривается одна из типовых схем двухполупериодного выпрямителя тока на полупроводниковых диодах (рисунок 1). Такая схема называется мостовой, она выполняется только на полупроводниковых диодах.

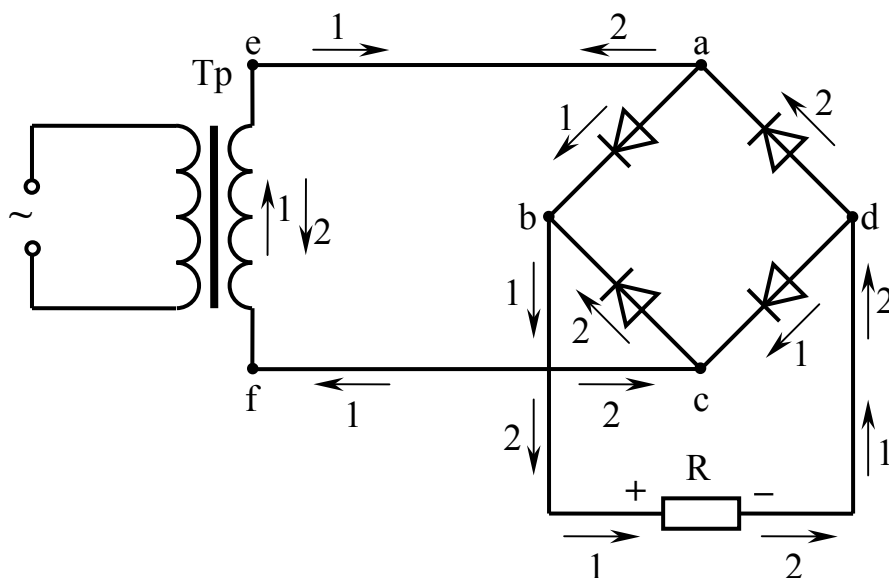


Рисунок 1

### 1.2.1 Выпрямление тока

Представленная на рисунке 1 схема работает следующим образом. Переменный ток подается на мостовую часть схемы через трансформатор, который может быть как повышающим, так и понижающим. Во вторичной обмотке будет протекать переменный ток  $I = I_0 \sin \omega t$ , график которого показан на рисунке 2а.

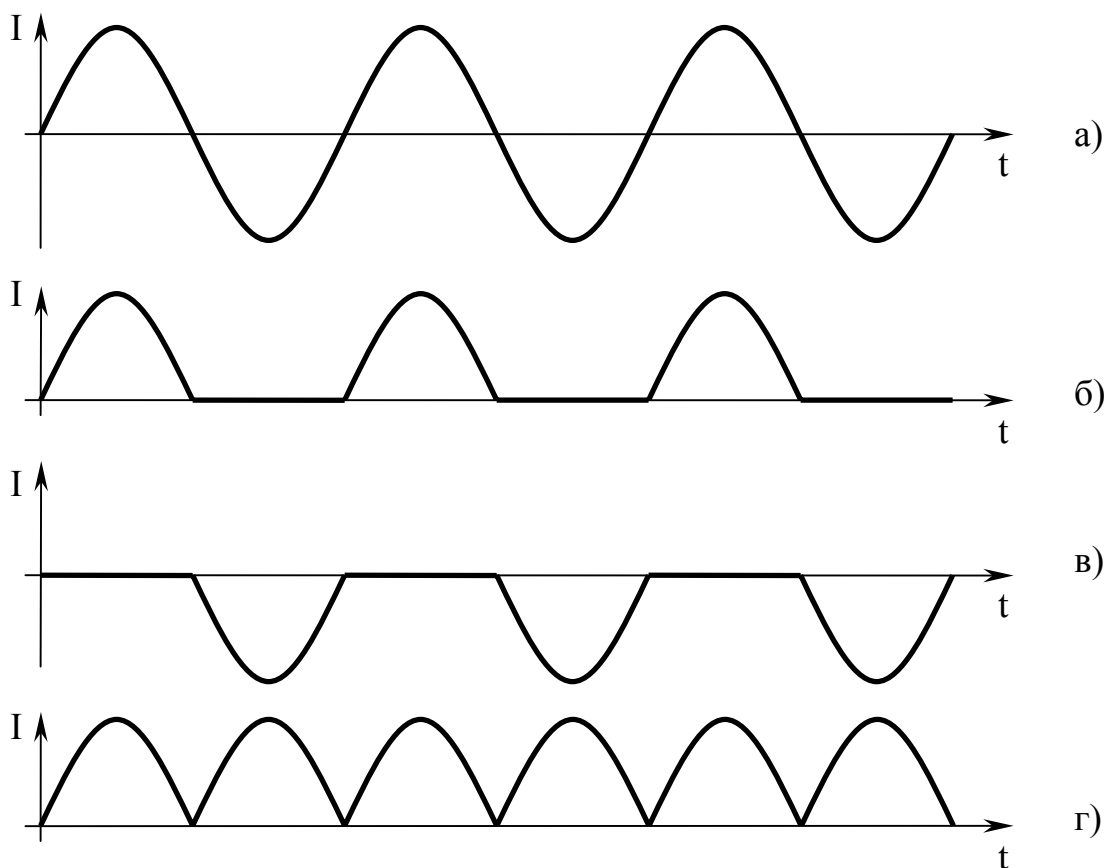


Рисунок 2

В первую половину периода в точке «е» трансформатора будет «+» напряжения и ток через диоды моста будет идти по стрелке 1, то есть пропускать ток будут диоды, включенные в плечи моста «ab» и «dc». Диаграмма выпрямленного при этом тока представлена на рисунке 2б. Во вторую половину периода положительный потенциал получается в точке «f» трансформатора. В этом случае ток через диоды будет проходить по стрелке 2, то есть пропускать ток будут диоды, включенные в плечи «cb» и «da». Диаграмма выпрямленного тока в этом случае представлена на рисунке 2в. Таким образом, результирующий ток, протекающий через сопротивление R, будет выпрямленным, но пульсирующим (рисунок 2г). Таким же пульсирующим будет и напряжение, снимаемое с сопротивления R. Напряжение такой формы может использоваться в технике, однако для питания точного оборудования, измерительных приборов, вычислительной техники, оборудования связи, телевидения и т.п. требуется более сглаженное напряжение.

## 1.2.2 Сглаживающие фильтры

Пульсирующий ток содержит постоянную и переменную составляющие. Разложив функцию, представленную на рисунке 2г, в ряд Фурье, получим:

$$I = I_0 \left[ \frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \left( \frac{\cos 2\omega t}{1 \cdot 3} + \frac{\cos 4\omega t}{3 \cdot 5} + \frac{\cos 6\omega t}{5 \cdot 7} + \dots \right) \right], \quad (1)$$

где  $\frac{2}{\pi}I_0$  – величина постоянной составляющей, равная  $I = 0,64I_0$ .

Остальные части суммы представляют собой переменные составляющие с частотами кратными основной и убывающей амплитудой. В нашем случае основная частота  $\nu = 50$  Гц. Следует отметить, что при однополупериодном выпрямлении постоянная составляющая равна  $I = 0,32I_0$ .

Задачей фильтра является пропускание постоянной составляющей тока в нагрузочное сопротивление и устранение переменной составляющей. Наиболее распространенный индуктивно-емкостный фильтр представлен на рисунке 3.

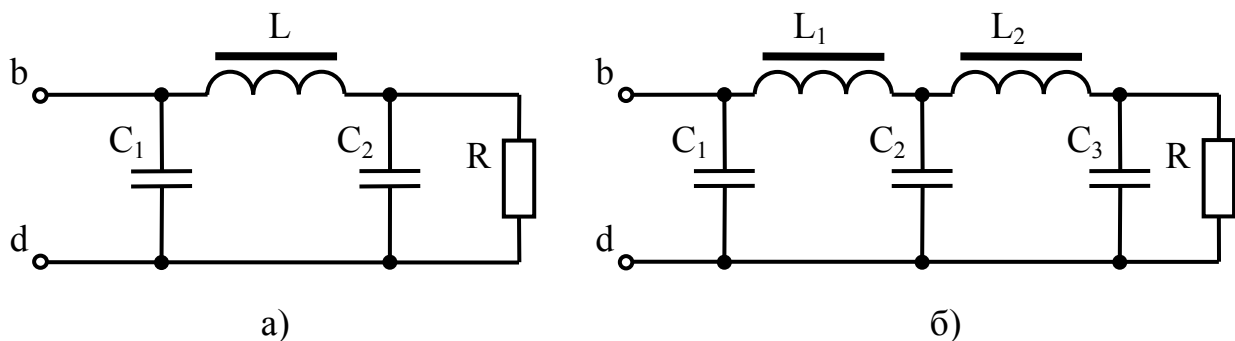


Рисунок 3

В схемах фильтров применяются конденсаторы (обычно электролитические) емкостью порядка десятков или сотен микрофарад. Дроссели со стальными сердечниками имеют обмотки из нескольких тысяч витков для получения индуктивности в несколько единиц или десятков генри.

Переменные составляющие проходят через конденсатор  $C_1$ , обладающий небольшим сопротивлением ( $X_C = 1/\omega C$ ) для используемых частот, и возвращаются в выпрямитель. Дроссель  $L$  обладает большим сопротивлением ( $X_L = \omega L$ ) и почти не пропускает токи высокой частоты. Для постоянной составляющей медный провод дросселя имеет небольшое сопротивление, поэтому потеря постоянной составляющей напряжения на дросселе незначительна. Так как часть переменной составляющей все же проходит через дроссель, то параллельно сопротивлению  $R$  включается конденсатор  $C_2$ , сопротивление которого мало по сравнению с  $R$ . При этом большая часть переменного тока, прошедшего через дроссель, будет замыкаться через  $C_2$  и в нагрузку не попадет. Таким образом, чем больше индуктивное сопротивление дросселя и чем мень-

ше емкостное сопротивление конденсаторов, тем лучше сглаживание пульсаций.

Первый конденсатор фильтра  $C_1$  не только сглаживает пульсации, но и значительно повышает постоянную составляющую  $U_{\text{ср}}$  выпрямленного напряжения. Это объясняется тем, что конденсатор  $C_1$  быстро заряжается при нарастании напряжения, а затем медленно, из-за явления самоиндукции, разряжается через дроссель и сопротивление  $R$ . Поэтому напряжение на нагрузке падает не так быстро, как при отсутствии  $C_1$ . Затем процесс повторяется – конденсатор  $C_1$  заряжается от следующего импульса тока, проходящего через диод, – напряжение на нем увеличивается.

На рисунке 4 сплошной линией показано изменение напряжения на конденсаторе  $C_1$  в процессе «заряд – разряд» при однополупериодном выпрямлении, которое, в данном случае, взято исключительно из соображений большей наглядности при построении графика. Для сравнения и наглядности штриховой линией показано изменение выпрямленного напряжения на нагрузке без фильтра. Из рисунка видно, что пульсации напряжения на нагрузке при наличии фильтра намного меньше и постоянная составляющая напряжения  $U_{\text{ср}}$  значительно выше (она может достигать 0,8 – 0,9 от амплитудного значения  $U_0$ ).

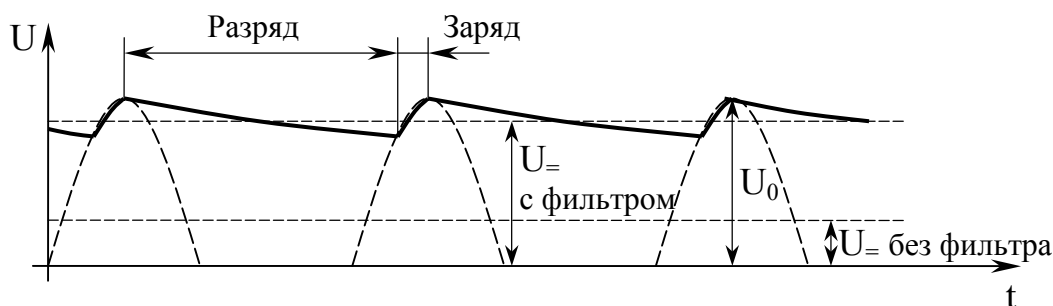


Рисунок 4

Чем больше сопротивление  $R$ , тем меньше ток разряда конденсатора  $C_1$  и тем медленнее спадает на нем напряжение, то есть постоянная составляющая выше и пульсации сглажены лучше. Если цепь сопротивления  $R$  разомкнуть, то конденсатор  $C_1$ , зарядившись до максимального напряжения  $U_0$ , равного амплитуде ЭДС трансформатора  $E_0$ , совершенно не будет разряжаться и напряжение на нем будет строго постоянным, равным  $U_0$ .

Таким образом, при наличии фильтра постоянное напряжение выпрямителя может быть выше действующего значения напряжения вторичной обмотки трансформатора и приближаться к амплитудному значению этого напряжения.

Переменное напряжение пульсаций, которое имеется на конденсаторе  $C_1$ , подается на дроссель и конденсатор  $C_2$ , играющие роль делителя напряжения (рисунок 3а). При этом большая часть переменного напряжения падает на индуктивности  $L$  и лишь малая его часть приходится на конденсатор  $C_2$  и на нагрузочное сопротивление  $R$ , присоединенное параллельно  $C_2$ . Сглаживающий фильтр действует тем лучше, чем выше частота пульсаций, т.к. при этом воз-

растает индуктивное сопротивление дросселя и уменьшается емкостное сопротивление конденсаторов. Поэтому сглаживание пульсаций происходит лучше при двухполупериодном выпрямлении, когда их частота равна 100 Гц.

Мы рассмотрели действие одного звена фильтра. Для лучшего сглаживания иногда применяют фильтры из двух или трех звеньев. Пример двухзвенного фильтра приведен на рисунке 3б. В этом фильтре конденсаторы  $C_1$ ,  $C_2$  и дроссель  $L_1$  составляют первое звено. Одновременно конденсатор  $C_2$  играет роль входного или первого конденсатора для второго звена фильтра. Во втором звене процесс повторяется.

Для лучшего понимания работы первого конденсатора удобна, на наш взгляд, следующая аналогия. По своему сглаживающему действию конденсатор  $C_1$  подобен большому резервуару, в который газ (или жидкость) накачивается насосом неравномерно (толчками), а уходит из резервуара к потребителю почти равномерным потоком. Это объясняется тем, что в резервуаре создан запас газа с почти постоянным давлением, а уход газа вызывает незначительное понижение давления, тем меньшее, чем слабее поток уходящего газа. В то же время, периодическое добавление в резервуар газа насосом постоянно восстанавливает прежнее давление. Таким образом, давление газа и его поток, уходящий к потребителю, пульсирует незначительно.

### 1.3 Экспериментальная часть

Работа выполняется с помощью осциллографа и выпрямителя с фильтром собранного по схеме, изображенной на рисунке 5.

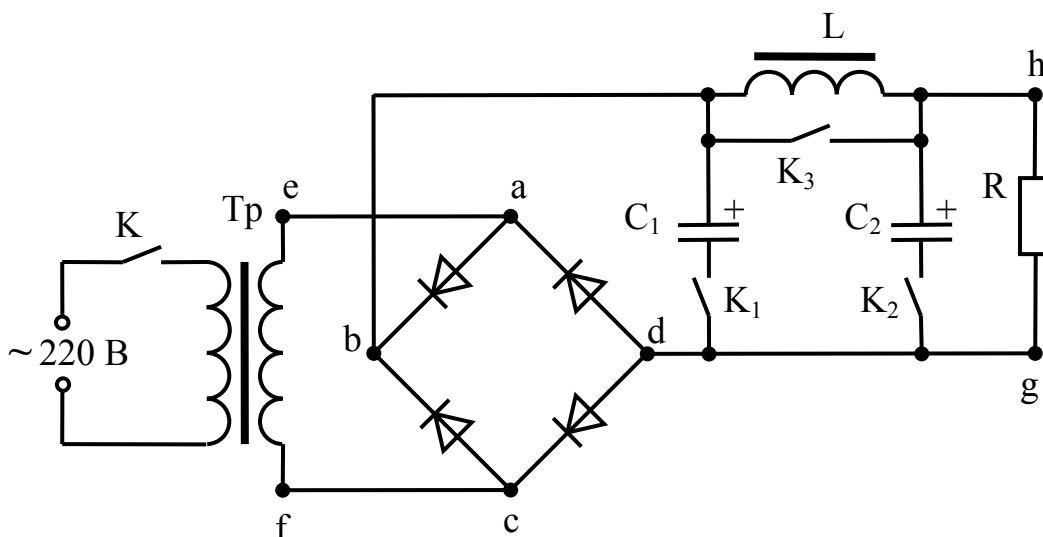


Рисунок 5

Основными элементами схемы являются трансформатор  $Tr$ , двухполупериодный выпрямитель, сглаживающий фильтр, образованный конденсаторами  $C_1$  и  $C_2$  и дросселем  $L$  и нагрузка  $R$ .

В методических указаниях задания к экспериментальной части даны кратко. Более подробное описание размещено на стенде возле лабораторной установки. Основная цель экспериментальной части состоит в том, чтобы при помощи правильно подготовленного к работе осциллографа исследовать работу выпрямителя. Принцип работы электронного осциллографа и правила его использования описаны в лабораторной работе № 23(1).

### **1.3.1 Задания**

- 1 Подготовьте осциллограф к работе.
- 2 Подключая осциллограф к указанным в описании точкам схемы, изучите наблюдаемые сигналы и зарисуйте их форму в отчет.
- 3 Рассчитайте коэффициенты пульсаций напряжения на нагрузке для различных вариантов включения элементов сглаживающего фильтра. Сравните их между собой.
- 4 Сделайте вывод.

### **1.4 Вопросы для самопроверки**

- 1 Покажите направление тока в мостовой схеме выпрямителя.
- 2 От чего зависит время разряда конденсатора? Напишите формулу.
- 3 От чего зависит время затухания тока в катушке индуктивности? Напишите формулу. Нарисуйте график.
- 4 Будет ли происходить сглаживание пульсаций, если к точкам «b» и «d» (рисунок 1) подключить один конденсатор вместо фильтра?
- 5 Объясните принцип работы фильтра по сглаживанию пульсаций.
- 6 Объясните роль каждого элемента фильтра в процессе сглаживания пульсаций.



## **Список использованных источников**

1 **Савельев, И.В.** Курс общей физики [Текст]: учебное пособие. В 3т.Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. - М.: Наука, 1988. - 496 с.

2 **Трофимова, Т.И.** Курс физики [Текст]: учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова. - М.: Высш. шк., 2001. - 542 с.