

Электроника для любознательных.

Часть 11. Выпрямители.

Преобразование энергии переменного тока в энергию постоянного тока осуществляется с помощью выпрямителей (полупроводниковых диодов), использующих одностороннюю проводимость. Эти электронные приборы мы уже изучили.

Основные элементы выпрямителя:

- диоды, преобразующие переменный ток в постоянный ток;
- трансформатор, изменяющий величину переменного напряжения бытовой сети в соответствии с необходимой величиной напряжения на выходе выпрямителя;
- сглаживающий фильтр, необходимый для сглаживания выпрямленного напряжения.

Блок – схема выпрямителя показана на **рис. 1**.



Рис. 1. Блок – схема выпрямителя.

1. Однополупериодный выпрямитель.

Однополупериодная схема выпрямления представлена на **рис. 2**. В состав схемы входит трансформатор (на схеме не показан), один выпрямительный диод и конденсатор с большой ёмкостью.

На входе выпрямителя переменное синусоидальное напряжение. Диод VD, имеющий одностороннюю проводимость, положительные полупериоды пропускает, а отрицательные полупериоды не пропускает **рис. 2, а**.

Конденсатор C_{ϕ} накапливает напряжение в положительный полупериод

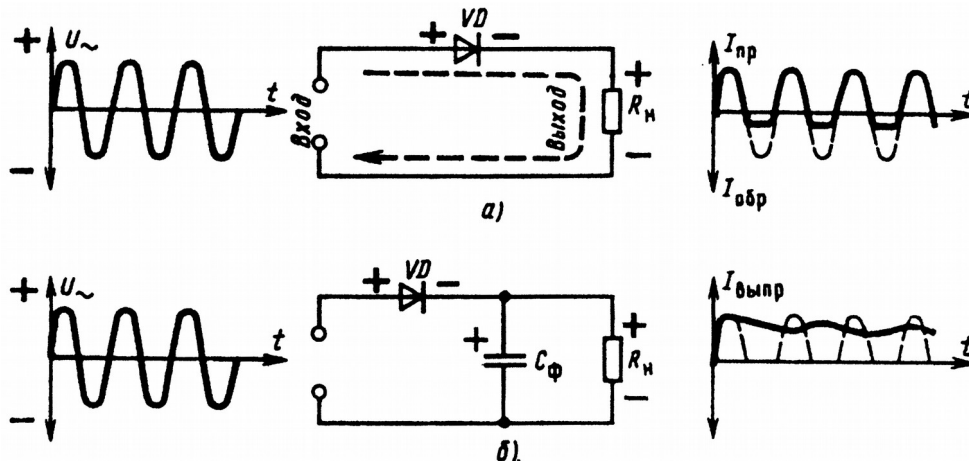


Рис. 2. Схема однополупериодного выпрямления.

и отдаёт его в отрицательный полупериод **рис. 2, б**. Так как частота изменения напряжения сравнительно большая, то он не успевает полностью разрядиться и на положительном полупериоде снова подзарядается до максимального напряжения. На сопротивлении выделяется постоянное напряжение.

Однополупериодные схемы целесообразно применять, если выпрямленный ток не превышает нескольких миллиампер. При больших мощностях коэффициент полезного действия схемы неудовлетворителен

2. Двухполупериодные выпрямители.

Двухполупериодная схема выпрямления представлена на **рис. 3**. Она состоит из трансформатора с двумя одинаковыми обмотками, двух выпрямительных диодов и конденсатора.

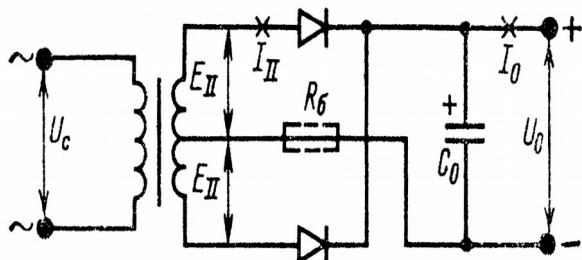


Рис. 3. Двухполупериодная схема выпрямления.

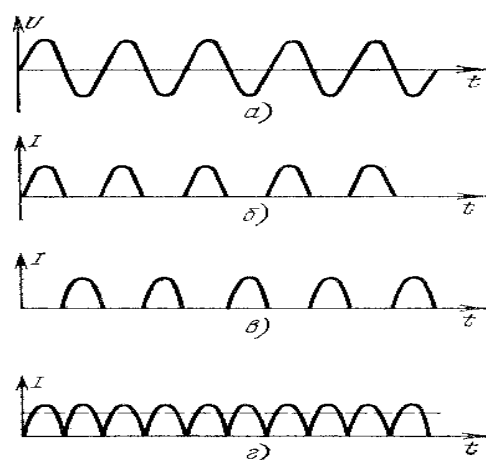


Рис. 4. Графики двухполупериодного выпрямления диодами.

Эта схема представляет собой сочетание двух однополупериодных схем, работающих на общую нагрузку. При положительном полупериоде ток пропускает верхний на схеме диод **рис. 4, б**. При отрицательном полупериоде на верхнем диоде, ток пропускает нижний диод **рис. 4, в**. На выходе выпрямительной пары диодов ток имеет форму представленной на **рис. 4, г**.

Основным преимуществом этой схемы от предыдущей большая частота пульсации, что позволяет уменьшить ёмкость конденсатора C_0 и габариты трансформатора.

3. Мостовая схема выпрямления (схема Грца).

На **рис. 5** представлена схема мостового выпрямления напряжения и принцип её работы.

Трансформатор T выдаёт нужное напряжение, конденсатор $C_ф$ для сглаживания выпрямленного напряжения.

Диоды являются плечами выпрямленного моста. Нагрузка R_n включена между точками 1 и 2, т. е., в диагональ моста. В таком выпрямителе в течение

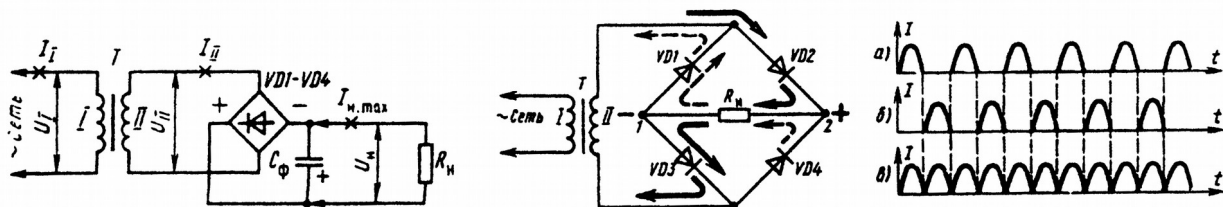


Рис. 5. Мостовая схема выпрямления и работа диодов в мостовой схеме.

каждого полупериода работают поочередно два диода противоположных плеч моста, включённых между собой последовательно, но встречно по отношению ко второй паре диодов. Когда на верхнем (по схеме) выводе вторичной обмотки положительный полупериод напряжения, ток идёт через диод VD_2 , нагрузку R_n , диод VD_3 к нижнему выводу обмотки Π (графика).

Диоды VD_1 и VD_4 в это время закрыты. В течении другого полупериода переменного напряжения, когда плюс на нижнем выводе обмотки Π , ток идёт через диод VD_4 , нагрузку R_n , диод VD_1 к верхнему выводу обмотки Π (график б). В это время диоды VD_2 и VD_3 закрыты и, естественно, ток через себя не пропускают. В результате меняется знак напряжения на выводах вторичной обмотки трансформатора, а через нагрузку выпрямителя идёт ток одного направления (график в). В таком выпрямителе полезно используются оба полупериода переменного тока, поэтому подобные выпрямители и называются ещё **двухполупериодными**.

Преимущество мостовой двухполупериодной схемы перед предыдущей в том, что вторичная обмотка трансформатора питания имеет вдвое меньшее число витков.

4. Выпрямители с удвоением напряжения.

Схемы умножения напряжения позволяют получать напряжение на нагрузке, в несколько раз большее напряжения вторичной обмотки трансформатора.

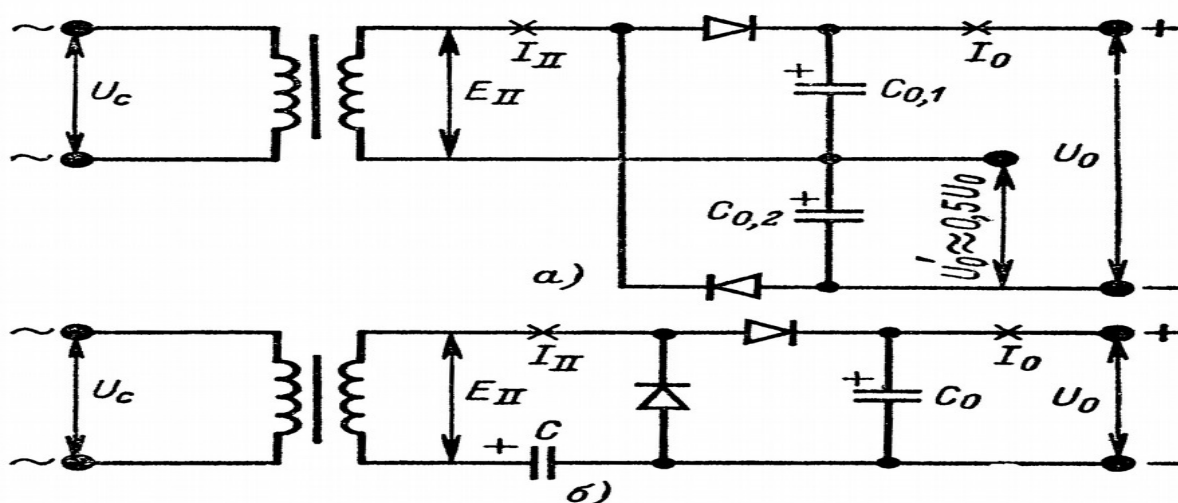


Рис. 6. Схемы умножения напряжения: а). Двухполупериодная схема умножения напряжения; б). Однополупериодная схема умножения напряжения.

4.1. Схема Латура.

Эта схема (рис. 6, а) состоит из двух соединённых последовательно однофазных выпрямителей, работающих на активно – ёмкостную нагрузку и питаемых от одной и той же вторичной обмотки трансформатора напряжения.

Первый выпрямитель состоит из верхнего по схеме диода и конденсатора $C_{0,1}$, второй – из нижнего диода и конденсатора $C_{0,2}$. нагрузка включена параллельно двум последовательно соединённым конденсаторам $C_{0,1}$ и $C_{0,2}$.

В момент времени, когда положительным является верхний конец обмотки трансформатора, ток проходит через верхний диод и заряжает конденсатор $C_{0,1}$. В следующий полупериод заряжается конденсатор $C_{0,2}$ через нижний диод, а конденсатор $C_{0,1}$ разряжается через нагрузку и конденсатор $C_{0,2}$.

Таким образом, на нагрузке напряжение равно сумме напряжений на конденсаторах.

4.2. Однополупериодная схема умножения напряжения.

Эта схема представлена на (рис. 6, б) состоит также из двух однополупериодных выпрямителей, питаемых от одной и той же вторичной обмотки трансформатора. Один из выпрямителей образован диодом и конденсатором C , второй – вторым диодом и конденсатором C_0 . Нагрузка включена параллельно конденсатору C_0 .

В течение полупериода, когда нижний конец вторичной обмотки трансформатора является положительным, ток проходит через диод и заряжает конденсатор C . В следующий полупериод напряжение вторичной обмотки трансформатора суммируется с напряжением на конденсаторе C , разряжающимся на нагрузку. Эта сумма напряжений заряжает конденсатор C_0 через второй диод. В результате напряжение на конденсаторе C_0 и на нагрузке оказывается равным приблизительно двойному амплитудному значению э.д.с. вторичной обмотки трансформатора.

Схема однополупериодного умножения осуществляет однополупериодное выпрямление со всеми свойственными этому режиму недостатками.

На основе двух- и однополупериодной схем умножения напряжения строятся схемы многократного умножения, позволяющие получить умножение напряжения в 3 – 5 и более раз.

Недостатками схем умножения напряжения является низкий **к.п.д.** и большое внутреннее сопротивление выпрямителя, а следовательно, и сильная зависимость выпрямленного напряжения от тока нагрузки.

Схемы умножения применяются только в маломощных выпрямителях, например для питания анодов электронно-лучевых трубок, в электронных микроскопах и т. д.

5. Сетевой блок питания.

Принципиальная схема этого блока, преобразующего переменный ток электросети относительно высокого напряжения 220 В в постоянный ток низкого напряжения, необходимый для питания электронных устройств, показана на **рис. 7**. На выходе блока получается стабилизированное напряжение около 9 В (зависит от напряжения стабилизации стабилитрона V5).

Ток, потребляемый от выпрямителя, может достигать 0,2 – 0,25 А (200 – 250 мА), при этом напряжение на выходе блока питания остается практически неизменным.

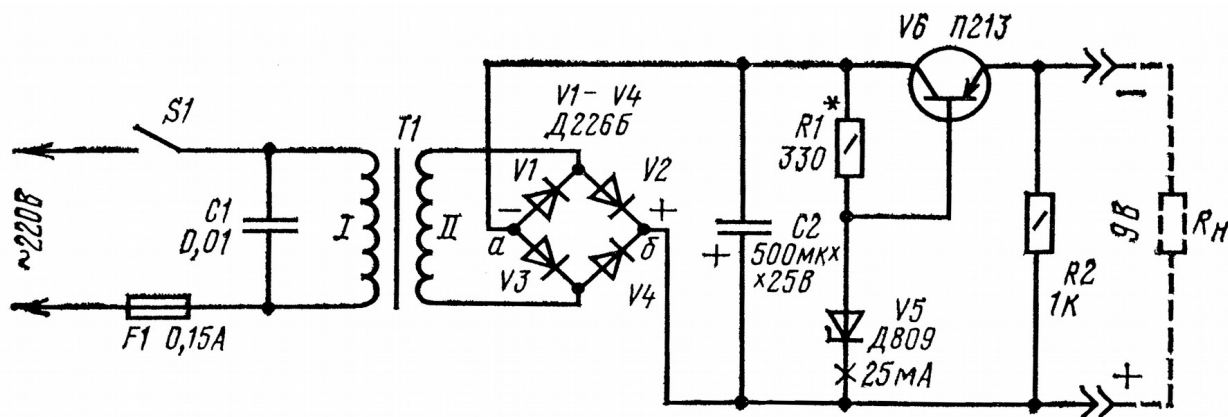


Рис. 7. Принципиальная схема сетевого блока питания.

5.1. Работа сетевого блока питания.

Графики, иллюстрирующие работу выпрямителя, изображены на **рис. 8**. Когда первичная (I) обмотка сетевого трансформатора T1 подключена к электросети, в его вторичной (II) обмотке индуцируется переменное напряжение (**рис. 8, график а**), пониженное примерно до 9 В.

В первый полупериод, когда на верхнем (по схеме) выводе вторичной обмотки напряжение положительное (по отношению к **точке а** на **рис. 7**), а на нижнем выводе – отрицательное, ток идёт через диод V2, нагрузку выпрямителя к **точке а** и далее через диод V3 к нижнему выводу вторичной обмотки трансформатора (**рис. 8, график б**).

В следующий полупериод переменного напряжения, когда полярность напряжений на выводах вторичной обмотки изменяется на обратную, ток в нагрузке идёт в том же направлении (**от точки б к точке а**), но через диоды V1 и V4 (**рис. 8, график в**).

Таким образом, происходит двухполупериодное выпрямление, т. е., используются оба полупериода переменного тока.

В результате через нагрузку течёт ток одного направления, но пульсирующий с частотой 100 Гц (**рис. 8, графике г**), т. е., с удвоенной частотой тока электросети.

Питать электронное устройство таким током нельзя, поскольку с такой же частотой будут изменяться и токи транзисторов, в результате чего будет слышен лишь звук низкого тона, называемый фоном переменного тока.

В сетевом блоке питания пульсации выпрямленного напряжения «сглаживаются» (на графике г это показано штриховой линией) конденсатором **C2** и дополнительно стабилизируются стабилизатором напряжения, образующим стабилитроном **V5** и регулирующим транзистором **V6**.

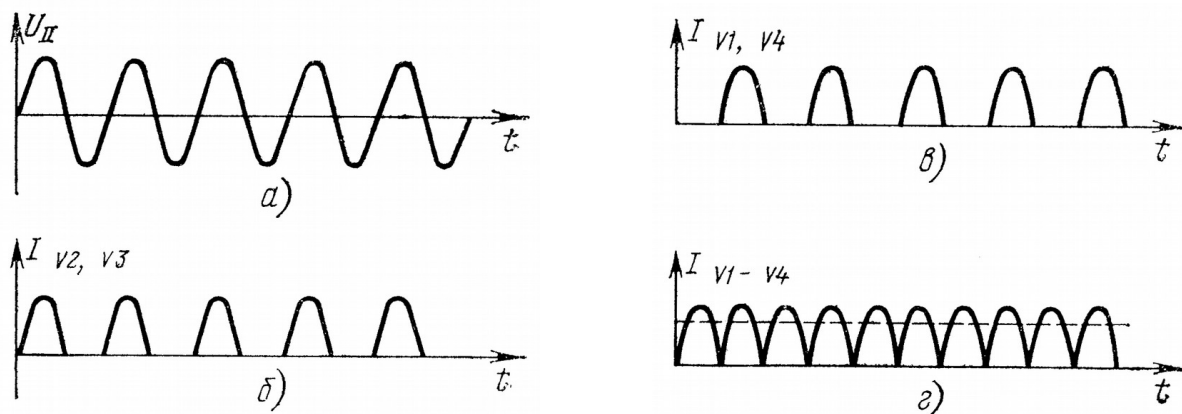


Рис. 8. Графики, иллюстрирующие работу сетевого блока питания.

Стабилитрон обладает свойством поддерживать постоянное напряжение при значительных колебаниях текущего через него тока. В этой ячейке блока питания используется стабилитрон Д809 с напряжением стабилизации 9В.

Стабилитрон **V5** и резистор **R1** образуют делитель, с которого на базу регулирующего транзистора **V6** подаётся открывающее его отрицательное напряжение смещения.

Ток выпрямителя течёт от **точки б** к **точке а** через цепи нагрузки (показанный штриховыми линиями на **рис. 7** нагрузочный резистор **Rн**) и открытый транзистор.

При изменении тока, потребляемого электронным устройством, изменяется режим работы транзистора, а напряжение на выходе блока остается практически неизменным.

С таким стабилизатором напряжения фон переменного тока настолько мал, что почти не прослушивается при работе.

Конденсатор **C1**, блокирующий первичную обмотку сетевого трансформатора, снижает уровень промышленных помех, проникающих в цепи питания электронного устройства из электросети.

Резистор **R2**, подключённый параллельно выходу стабилизатора напряжения, нужен для того, чтобы и при отключённой нагрузке регулирующий транзистор **V6** работал как усилитель тока.

5.2. Конструкция, детали.

Внешний вид сетевого блока питания и схема соединений деталей на его монтажной плате показаны на **рис. 9** и **рис. 10**.

Для выпрямителя блока питания можно использовать практически любой трансформатор, понижающий напряжение сети до 12 – 14 В. Подойдет, например, выходной трансформатор кадровой развертки телевизора ТВК-70Л2 или ТВК-110Л.

Первичная обмотка такого трансформатора (с большим числом витков) включается, как сетевая (I), а вторичная — как понижающая (II) обмотка трансформатора блока питания.

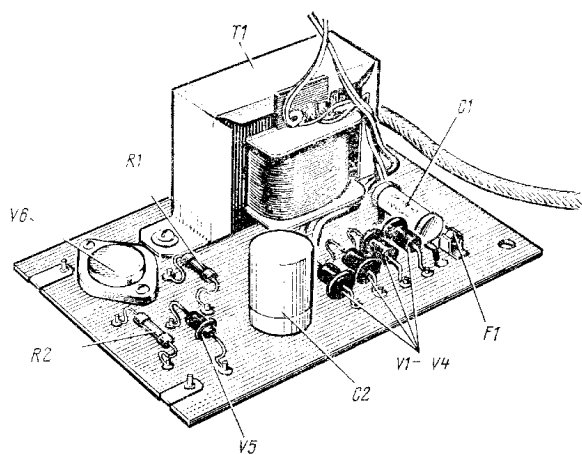


Рис. 9. Внешний вид сетевого блока питания.

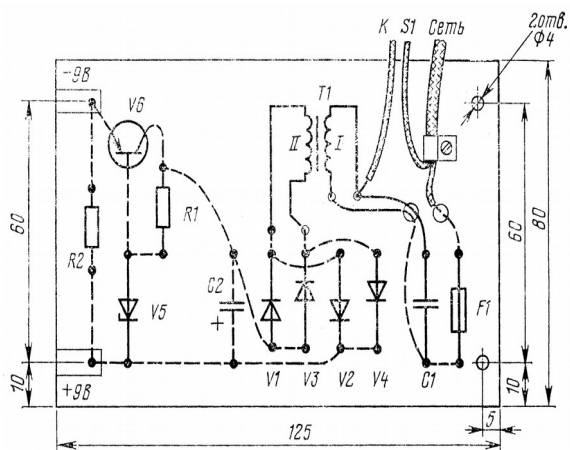


Рис. 10. Схема соединения сетевого блока питания на монтажной плате.

В двухполупериодном выпрямителе можно использовать любые сплавные полупроводниковые диоды (например, серий Д226, Д7), рассчитанные на выпрямленный ток до 300 мА; электролитический конденсатор С2 — К50-6 на номинальное напряжение не менее 20 В; плавкий предохранитель Р1 на ток 0,15 А. В качестве выключателя питания S1 применён тумблер ТВ2-1, укреплённый на боковой стенке корпуса.

Регулирующий транзистор стабилизатора напряжения может быть любым из **р-п-р** транзисторов средней или большой мощности, в том числе серии П213 – 217. Статический коэффициент передачи тока транзистора значения не имеет, важно лишь, чтобы он был исправным. Стабилитрон Д809 можно заменить стабилитронами Д810, Д814Б, Д818 с любым буквенным индексом.

5.3. Налаживание.

Прежде, чем включить питание, надо проверить правильность монтажа и, особенно, полярность включения диодов выпрямителя, электролитического конденсатора и стабилитрона. Убедившись в том, что ошибок нет, можно

включить питание и вольтметром измерить напряжение на конденсаторе **C2** – оно должно быть около 15 В.

Затем, в цепь стабилизатора (на схеме **рис. 7** отмечено крестиком) включите миллиамперметр и подбором резистора **R1** установите ток в этой цепи, равный 20 – 25 мА.

Измерьте напряжение на выходе стабилизатора. Оно должно быть примерно равно напряжению на стабилизаторе. Затем подключите к выходу блока эквивалент нагрузки резистор **Rн** сопротивлением 55 – 60 Ом. При этом ток через стабилизатор должен уменьшиться до 8 – 10 мА, а напряжение на нагрузочном резисторе остаться почти неизменным.

Не отключая резистор **Rн** подключите параллельно ему через конденсатор ёмкостью 0,01 – 0,05 мкф головные телефоны. В телефонах может прослушиваться слабый фон переменного тока, который при уменьшении мощности, потребляемой нагрузкой (т. е., при увеличении сопротивления резистора **Rн** до 150 – 200 Ом), становится слабее.

Причиной сильного фона может быть недостаточная ёмкость электролитического конденсатора **C2**. В этом случае его необходимо заменить другим конденсатором или подключить параллельно ему ещё один такой же конденсатор. Фон должен исчезнуть.

Снижению фона переменного тока способствует также подключение электролитического конденсатора ёмкостью 50 – 100 мкФ параллельно выходу блока питания или стабилизатору **V5**.

На этом проверка и испытание сетевого блока питания заканчивается.

☑ Не забывайте, что в цепи первичной обмотки трансформатора течёт переменный ток высокого напряжения (220 В).

Поэтому будьте осторожны при пользовании этим блоком.