Министерство информатизации и связи РТ
государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Межрегиональный центр компетенций - Казанский техникум информационных технологий и связи»

специальность: 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Выпрямители источников питания

Казань, 2019 г.

Вентили (диоды)

Вентиль (диод) — это двухэлектродный прибор, состоящий из катода и анода. Применение диодов определяется свойством их односторонней проводимости.

Используют преимущественно кремниевые силовые вентили: неуправляемые (диоды), неполностью управляемые (тиристоры) и управляемые (транзисторы).

Принцип работы диода рассмотрим на примере простейшей схемы однополупериодного выпрямления (рисунок 1.1). В положительном полупериоде синусоидального напряжения питающей сети диод V оказывается включенным в прямом направлении (рисунок 1.1, а). Поскольку при этом его сопротивление мало, прямой ток $I_{пр}$ (рисунок 1.1, б) сравнительно велик.

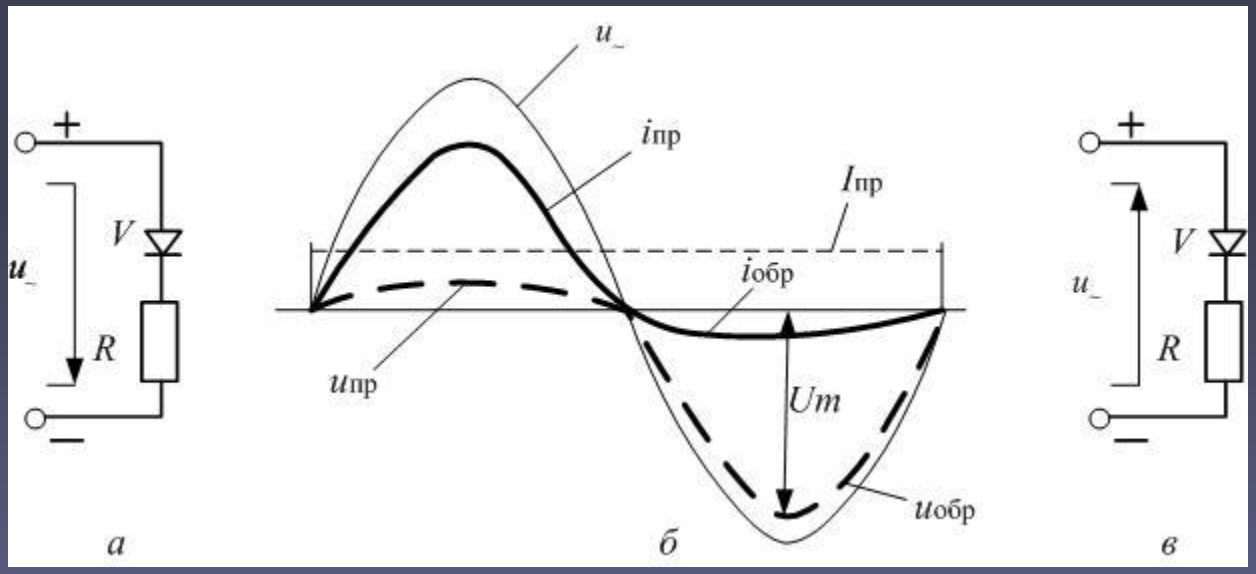


Рисунок 1.1 – Осциллограммы (б) и работа диода при прямом (а) и обратном (в) включении в цепи переменного тока

Главным параметром, по которому из справочников выбирается диод, является его предельный ток $I_{пред}$. Это максимально допустимое среднее за период значение длительно протекающего тока синусоидальной формы при частоте 50 Гц и однополупериодном выпрямлении.

Другой важной характеристикой диода является прямое падение напряжения $U_{пр}$ на вентиле при амплитудном значении предельного тока. Прямое падение характеризует потерю мощности на нагрев вентилей, от него зависит КПД выпрямителя.

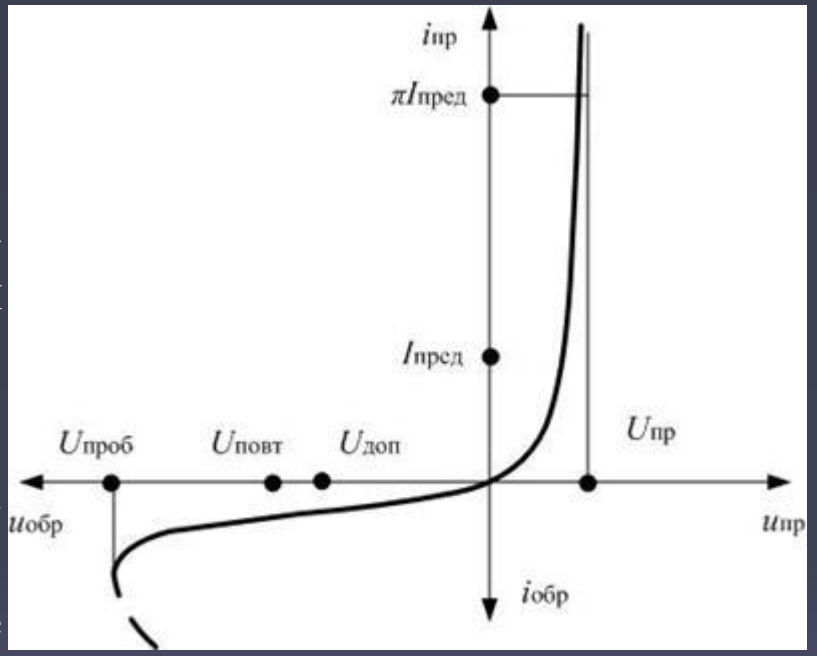


Рисунок 1.2 – Динамическая вольт-амперная характеристика диода

При выборе вентилей необходимо учитывать кратковременные, но довольно значительные перегрузки по току, сопровождающие работу сварочного выпрямителя. Аварийная 8-кратная перегрузка, вызванная, например, коротким замыканием внутри выпрямителя, допустима при длительности не более 0,03 секунды, т.е. в течение времени срабатывания быстродействующего автоматического выключателя. Если предельный ток $I_{пред}$ вентиля ниже необходимого, применяют параллельное соединение 2, 3 и более одинаковых вентилей. Последовательное соединение кремниевых вентилей не принято, поскольку для сварочных выпрямителей удается выбрать вентили с любым достаточно высоким повторяющимся напряжением $U_{повт}$.

Для ограничения тока в цепи конденсатора последовательно ему включают резистор. Такие R—C цепочки включают параллельно каждому плечу выпрямительного блока, а иногда и параллельно вторичным обмоткам трансформатора.

Схемы выпрямления

Однофазная мостовая схема (рисунок. 2.1) работает следующим образом. В первом полупериоде (при положительной полярности левого зажима вторичной обмотки трансформатора) ток пропускают вентили *VI* и *V2* (путь тока показан пунктиром), во втором — *V3* и *V4*. В результате ток *u* в нагрузке остается постоянным по направлению (рисунок. 2.1, в), форма кривой выпрямленного напряжения $u_в$ (рисунок. 2.1, в)— пульсирующая от 0 до U_m,. Коэффициент пульсации напряжения, вычисляемый по соотношению оказывается равным 0,67.

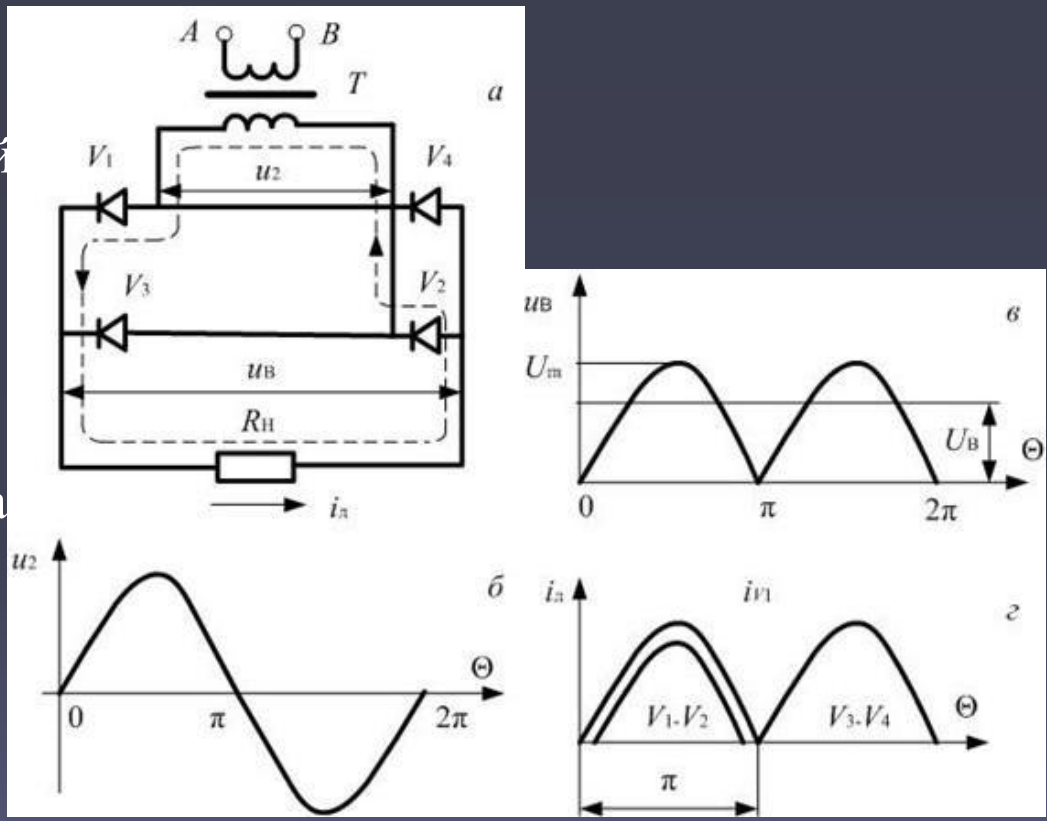


Рисунок. 2.1 – Однофазная мостовая схема выпрямления

Трехфазная мостовая схема (рисунок 2.2) получила наибольшее распространение. В ней вентили *V1*, *V3* и *V5*, у которых соединены катоды, образуют катодную группу, а вентили *V2*, *V4* и *V6* — анодную группу. Так как катоды вентилей в катодной группе имеют одинаковый потенциал, то здесь в любой момент будет работать вентиль с максимальным положительным потенциалом анода, в момент Θ_0 — это вентиль *V5* в фазе *C*. В анодной группе открыт вентиль с максимальным отрицательным потенциалом катода, в момент Θ_0 — это вентиль *V6* в фазе *B*. Путь тока в этот момент показан на рисунок. 2.2, а пунктиром. Все остальные вентили заперты, на их анодах потенциал ниже, чем на катодах. С момента Θ_1 в катодной группе вместо вентиля *V5* начинает работать вентиль V_1, а с момента Θ_2 в анодной группе вместо *V6* — вентиль *V2* и т.д. Очередность вступления в работу вентилей соответствует их номерам (рисунок 2.2, г).

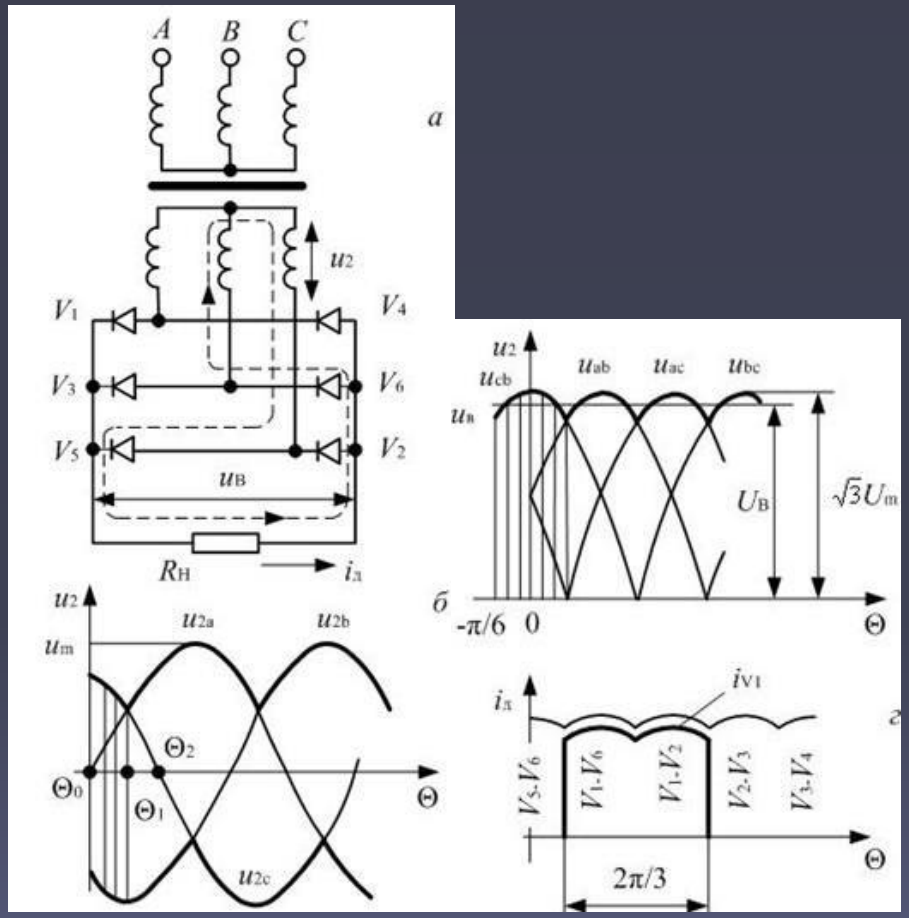


Рисунок. 2.2 – Трехфазная мостовая схема выпрямления

Низкочастотный выпрямитель

Питание преобразователей осуществляется постоянным напряжением, которое вырабатывается низкочастотным выпрямителем (рисунок 3.1). Мостовая схема выпрямления, выполненная на диодах VD1...VD4, обеспечивает надлежащее качество выпрямления сетевого напряжения. Последующее сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения осуществляется фильтром на дросселе L1 и последовательно включенных конденсаторах C1, C2. Следует отметить, что дроссель L1 не является обязательным элементом выпрямителя фильтра. Резисторы R1, R2 создают цепь разряда конденсаторов C1, C2 после отключения блока питания от сети.

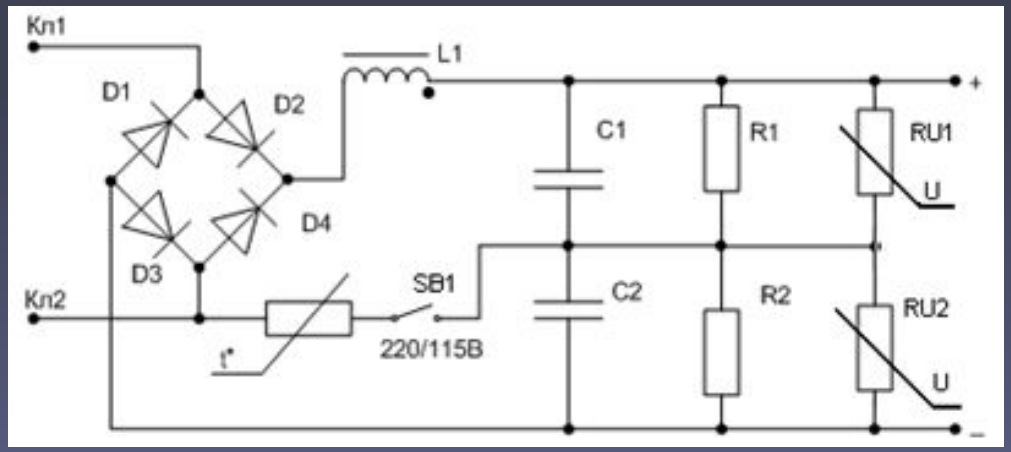


Рисунок. 3.1 – Низкочастотный выпрямитель

Выходное напряжение соответствует суммарному значению напряжения на конденсаторах Cl, C2. Одной из важных функций выпрямителя является, ограничение тока зарядки входного конденсатора низкочастотного фильтра, выполненное элементами, входящими в состав выпрямительного устройства блока питания. Необходимость их применения вызвана тем, что режим запуска преобразователя близок к режиму короткого замыкания. Зарядный ток конденсатора при подключении его непосредственно к сети может быть значительным и достигать нескольких десятков-сотен ампер. Здесь существует две опасности, одна из которых заключается в выходе из строя диодов низкочастотного выпрямителя, вторая -- износ электрических фольговых конденсаторов входного низкочастотного фильтра при протекании больших токов через обкладки. Применение термисторов типа NTCR1 с отрицательным ТКС, включаемых последовательно в цепь заряда конденсатора, позволяет устранить нежелательные эффекты заряда входного конденсатора низкочастотного фильтра. Термистор имеет некоторое сопротивление в «холодном» состоянии, после прохождения пика зарядного тока резистор разогревается и его сопротивление становится в 20...50 раз меньше. В номинальном режиме работы оно останется низким. Преимущества этой схемы ограничения очевидны; простота и надежность. В высококачественных источниках питания используются варисторы RUl, RU2. Их применение объясняется необходимостью защиты блока от превышения напряжения в питающей сети.

Полумостовой преобразователь

На вход преобразователя сигналы управления могут передаваться через согласующий трансформатор. В некоторых источниках роль согласующего выполняет пара отдельных трансформаторов. Однако более привлекательной с точки зрения размеров, стоимости, а следовательно, и более распространенной считается схема, использующая единый трансформатор с раздельными обмотками согласующего трансформатора (рисунок 4.1). И как следствие этого, в этих схемах рабочая обмотка импульсного трансформатора Т2 подключена к дополнительной секции одной из вторичных обмоток согласующего трансформатора через конденсатор С3.

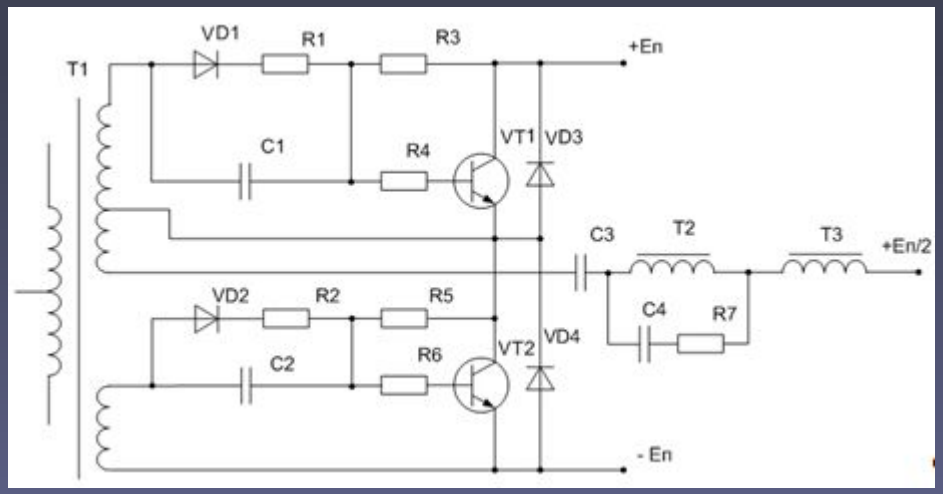


Рисунок. 4.1 – Полумостовой преобразователь

Последовательное включение конденсаторов с рабочей обмоткой импульсного трансформатора позволяет устранить несимметричный характер перемагничивания трансформатора Т1 в переходных режимах работы преобразователя. Последовательно с рабочей обмоткой полумостового преобразователя может быть включена обмотка дополнительного трансформатора Т3, выполняющего функцию контроля тока нагрузки в преобразователе.

На входы активных элементов преобразователя сигналы управления со вторичных обмоток согласующего трансформатора в схемах передаются через форсирующую резисторно-конденсаторную цепь. Параллельно переходному конденсатору, как правило, емкостью в 1,0 мкФ подключена цепь, состоящая из диода и резистора, эти элементы обеспечивают быстрый разряд конденсатора. Для облегчения режима пуска преобразователя в базовых цепях ключевых транзисторов включают резисторы, устанавливающие режим «отсечки» транзисторов преобразователя так, что отпирание транзистора происходит только по сигналу управления.

В состав практически всех приведенных схем входят диоды, включенные встречно по отношению к току, протекающему через транзисторы. Эти исключается нежелательное явление «сквозных» токов при переключениях.

Однополупериодный выпрямитель

Однополупериодный выпрямитель — это устройство или контур, проводящее во время одной половины цикла переменного тока. Однополупериодный выпрямитель состоит из трансформатора, полупроводникового диода (D1) и сопротивления (RL)

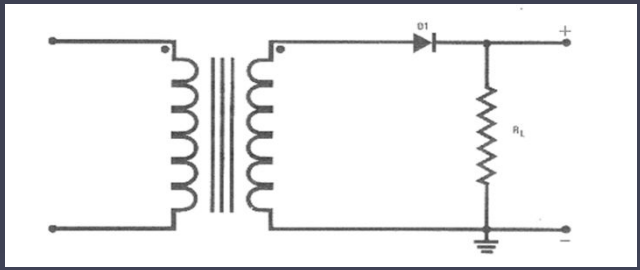


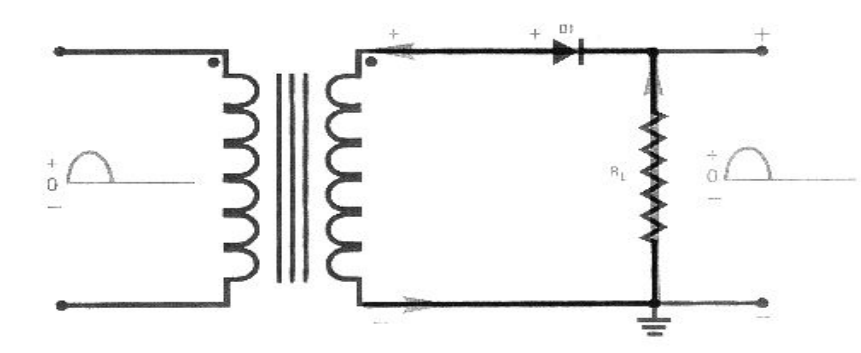
Рисунок. 5.1 – Схема однополупериодного выпрямителя

Однополупериодная схема выпрямления подразумевает в качестве выпрямителя всего один диод. Поэтому на выходе такого выпрямителя из двух полупериодов остаётся только один. Отсюда и название - однополупериодная.

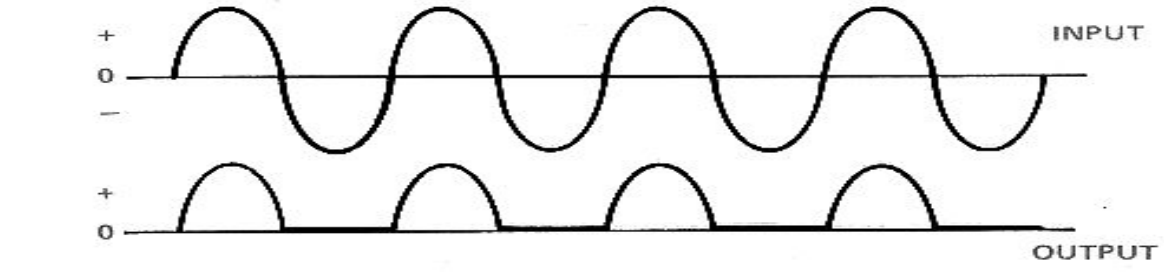
Принцип действия однополупериодного выпрямителя

В этом примере сопротивление RL представляет нагрузку, хотя, на самом деле, нагрузкой может быть любой элемент или группа элементов, которая может вызвать падение напряжения.

В течение первой половины цикла переменного тока диод D1 находится в состоянии прямого подключения — положительный электрический потенциал воздействует на его анод, а отрицательный потенциал воздействует на его катод. Когда D1 находится в состоянии прямого подключения, ток протекает от отрицательной стороны вторичной обмотки трансформатора, через сопротивление нагрузки, через диод, обратно к положительной стороне вторичной вторичной обмотки трансформатора, через сопротивление нагрузки, через диод, обратно к положительной стороне вторичной обмотки. Поскольку ток протекает через сопротивление нагрузки, в нём происходит падение напряжения; ток, выходящий из выпрямительного контура появляется в виде положительной полуволны на сопротивлении нагрузки.



Как видно по форме кривой, у однополупериодных выпрямителей только одна полуволна постоянного тока на выходе при каждом полном цикле переменного тока на входе. По этой причине в оборудованиях обычно не применяются однополупериодные выпрямители; когда они используются, они обычно устанавливаются в оборудовании или контурах, где требуется ток невысокого напряжения и где колебания напряжения не бывают причиной для беспокойства.



Двухполупериодный выпрямитель

Двухполупериодный выпрямитель — устройство или контур, проводящий ток в течение обеих половин цикла переменного тока. Двухполупериодный выпрямитель состоит из трансформатора с центральным отводом вторичной обмотки, двух диодов и сопротивления нагрузки.

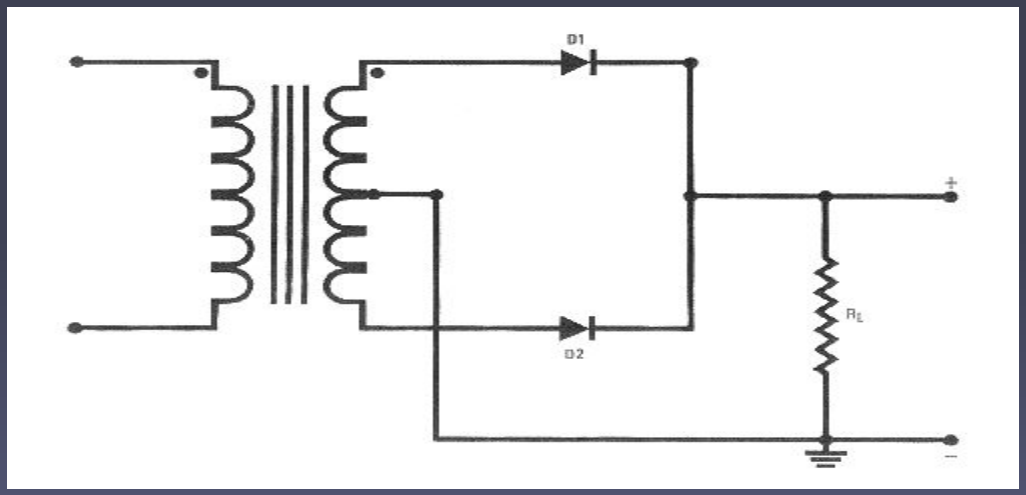
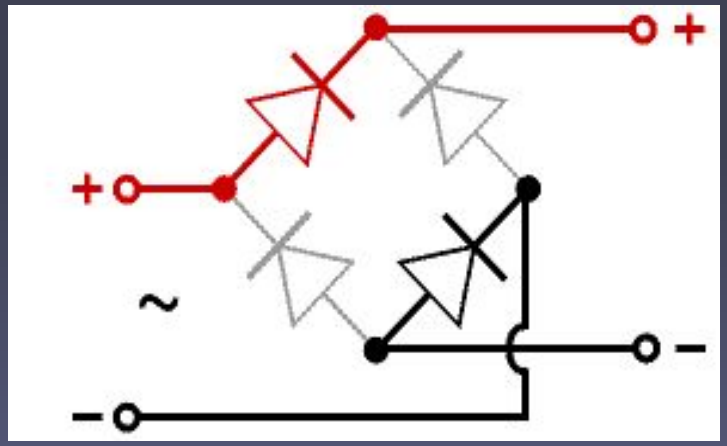


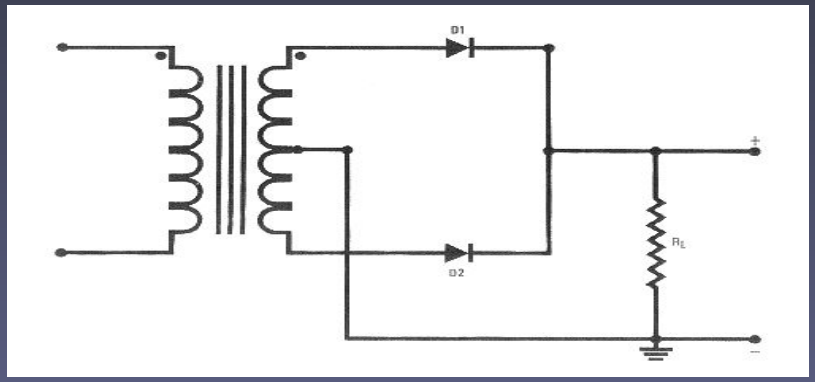
Рисунок. 6.1 – Схема двухполупериодного выпрямителя

Ярчайшим представителем двухполупериодной схемы является схема мостового выпрямления. Такой выпрямитель может состоять из четырёх отдельных диодов или быть в монолитном корпусе с четырьмя выводами, внутри которого находятся всё те же четыре диода. Двухполупериодной эта схема называется потому, что на выходе используются обе половины каждого периода колебания переменного тока.

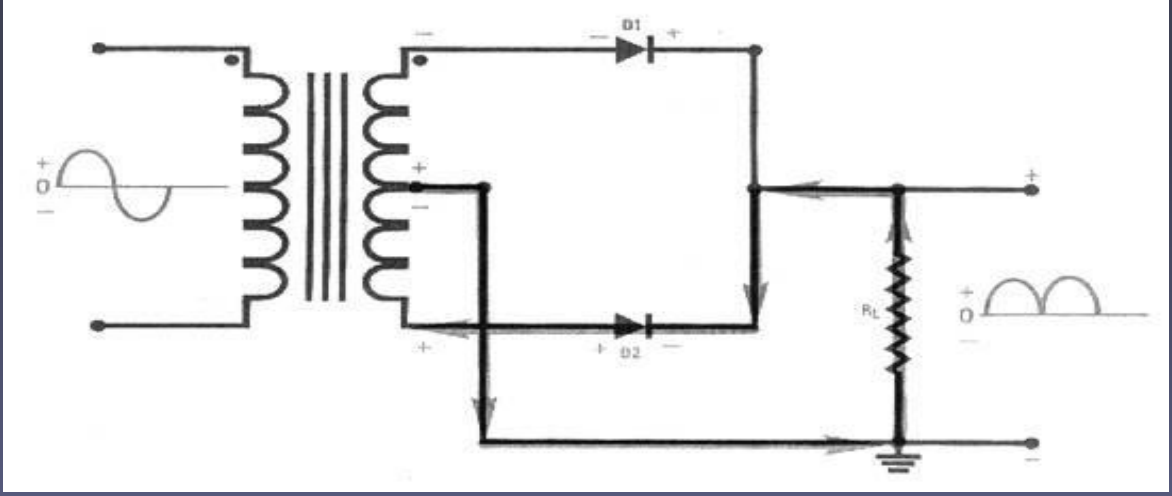


Принцип действия двухполупериодного выпрямителя

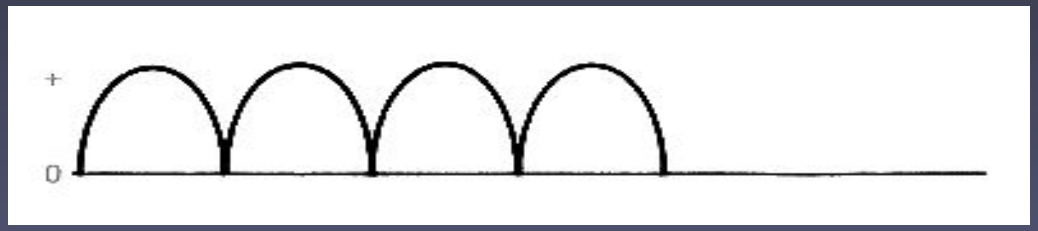
В течение первой половины цикла переменного тока верхний конец вторичной обмотки положителен, а нижний конец вторичной обмотки отрицателен. Диод D1 находится в состоянии прямого подключения, а диод D2 находится в состоянии обратного подключения, поскольку средняя точка отрицательна относительно положительной стороны вторичной обмотки и положительна относительно отрицательной стороны вторичной обмотки. Ток протекает от средней точки через сопротивление нагрузки, через D1 к положительной стороне вторичной обмотки. Падение напряжения на сопротивлении RL представляет собой положительную полуволну.



В течение второй половины цикла переменного тока верхний конец вторичной обмотки отрицателен, а нижний конец вторичной обмотки положителен. Диод D1 находится в состоянии обратного подключения, а диод D2 находится в состоянии прямого подключения. Ток протекает от средней точки через сопротивление нагрузки, через D2 к положительной стороне вторичной обмотки. Падение напряжения на сопротивлении RL снова представляет собой положительную полуволну.



Поскольку ток протекает через сопротивление RL в одном и том же направлении в течение обеих половин цикла входного напряжения, через RL проходят две полуволны в течение каждого полного цикла. Тем не менее, поскольку у этого трансформатора есть средняя точка, падение напряжения на сопротивлении нагрузки представляет собой лишь половину того, что могло бы быть, если бы нагрузка была соединена ко всей вторичной обмотке.



Различия и общее однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей

Однополупериодный выпрямитель

Недостатки:

- большая пульсация выпрямленного напряжения;
- низкий КПД;
- большой вес используемого трансформатора.

Достоинства:

- меньше используемых вентилей;
- простая конструкция схема выпрямителя применяется редко.

Двухполупериодный выпрямитель

Недостатки:

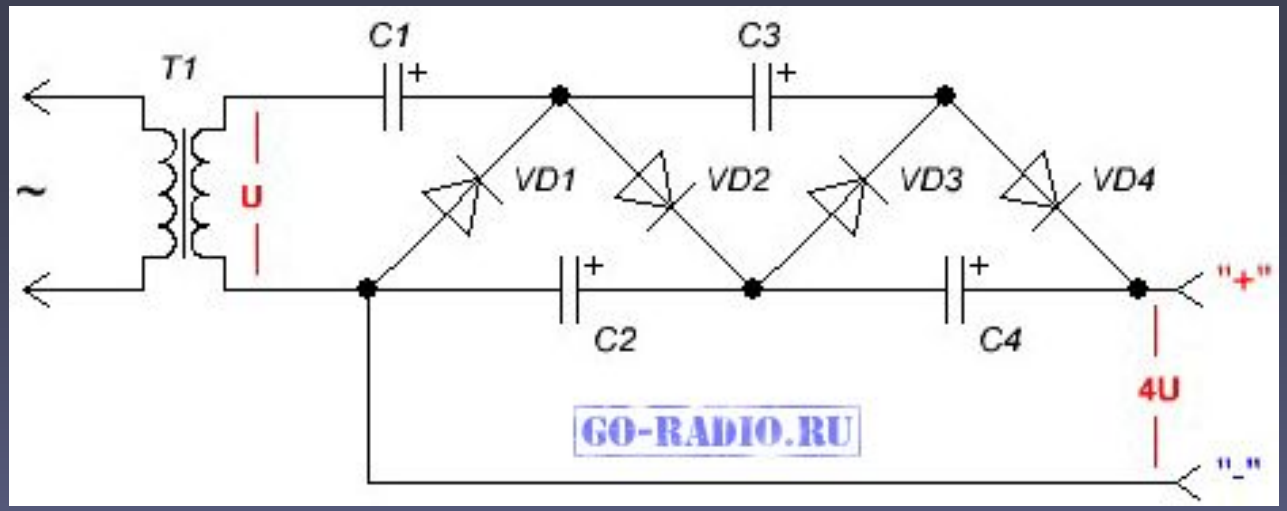
- больше используемых вентилей;
-более сложная конструкция трансформатора (если с нулевой точкой);
- падение напряжения двойное по сравнению с однополупериодным;
- при неисправности одного вентиля схема становится однополупериодной (не сразу можно обнаружить).

Достоинства:

-более высокий КПД;
- большее КПД позволяет сделать магнитопровод меньше (трансформатора);
- меньшая пульсация выпрямленного напряжения.

Умножитель напряжения

На рисунке изображён четырёхзвенный умножитель и на выходе мы получаем напряжение в четыре раза превышающее входное (U). Эти выпрямители получили большое распространение там, где нужно получить высокое напряжение при достаточно малом токе. Например, по такой схеме были выполнены источники высокого напряжения в старых телевизорах и осциллографах для питания анода электронно-лучевой трубки.

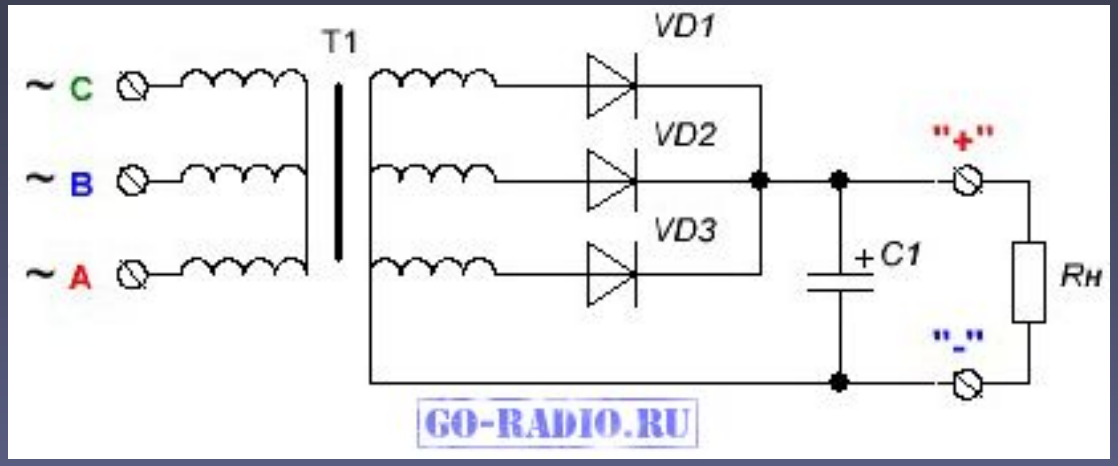


Сейчас такие источники питания используются в научных лабораториях, в детекторах элементарных частиц, в медицинской аппаратуре (люстра Чижевского) и в оружии самообороны (электрошокер). При повторении подобных конструкций и подборе деталей, следует учитывать рабочее напряжение, как диодов, так и конденсаторов исходя из напряжения, которое вы хотите получить. Весь умножитель, как правило, заливается специальным компаундом или эпоксидной смолой во избежание высоковольтных пробоев между элементами схемы.

Для нормальной работы некоторых устройств как, например, люстры Чижевского необходимы достаточно высокие напряжения. Как считают специалисты, излучатель отрицательных аэроионов, эффективен только при напряжении не менее 60 киловольт.

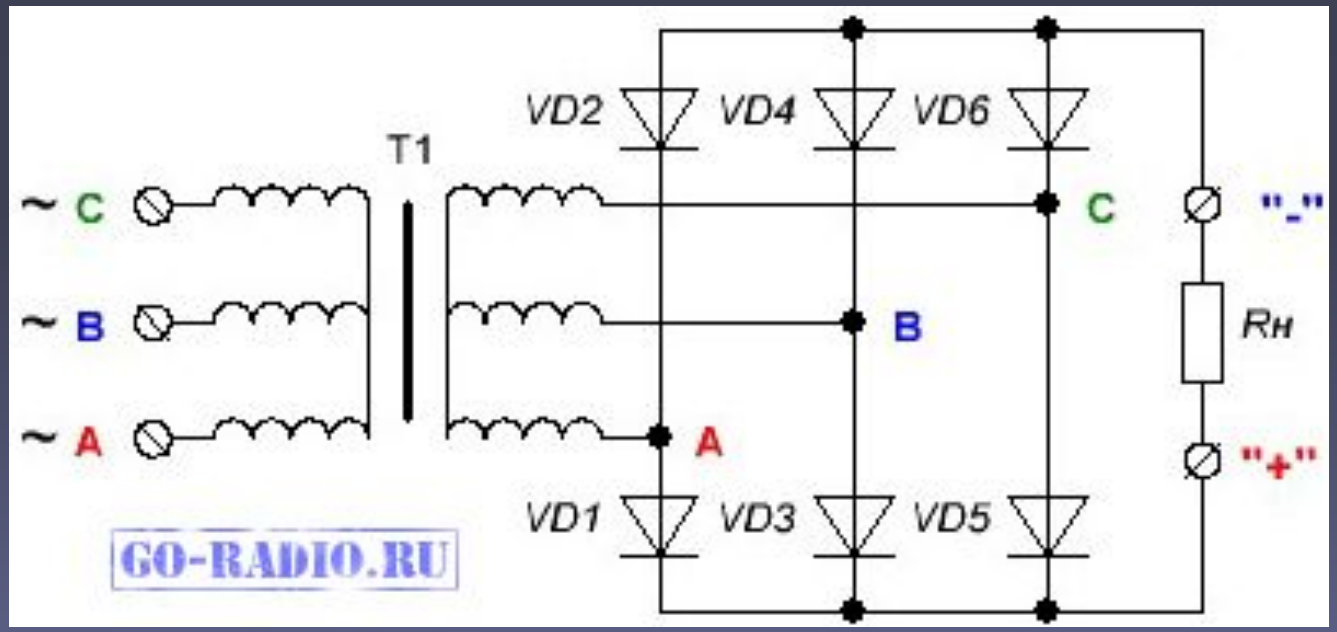
Трёхфазные выпрямители

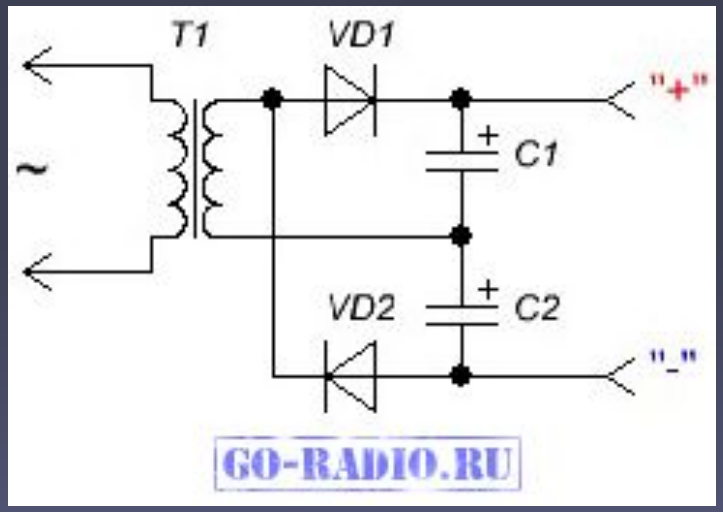
Устройства, которые используются для получения постоянного тока из переменного трёхфазного тока, называются трёхфазными выпрямителями. Трёхфазные выпрямители в бытовой технике, конечно, не используются. Единственный прибор, который может использоваться в быту это сварочный аппарат. В качестве трёхфазных выпрямителей используются наработки двух известных электротехников Миткевича и Ларионова. Самая простая схема Миткевича называется «три четверти моста параллельно», что означает три силовых диода включенных параллельно через вторичные обмотки трёхфазного трансформатора.



Коэффициент пульсаций на нагрузке очень мал, что позволяет использовать конденсаторы фильтра небольшой ёмкости и малых габаритов.

Более сложной является схема Ларионова, которая называется «три полумоста параллельно», что это такое хорошо видно из рисунка.



Выпрямитель с удвоением напряжения

Принцип удвоителя напряжения Латура-Делона-Гренашера основан на поочерёдном заряде-разряде конденсаторов С1 и С2 разными по полярности полуволнами входного напряжения. В результате между катодом одного диода и анодом второго диода возникает напряжение в два раза превышающее входное.