

Выпрямительные диоды и их применение

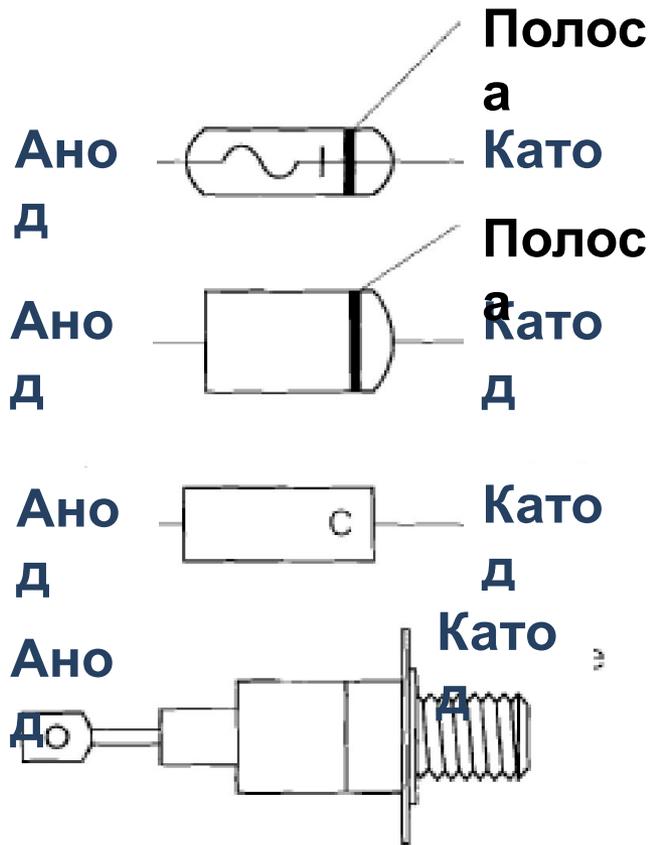
Автор: В.Кутев Dr. habil.sc.
ing.
профессор

Рига 2014



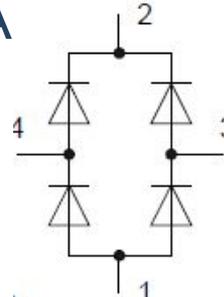
Выпрямительные диоды

Выпрямительными называют диоды, предназначенные для преобразования переменного напряжения промышленной частоты (50 или 400 Гц) в постоянное.



Выпрямительные диоды обычно подразделяются на диоды малой, средней и большой мощности, рассчитанные на выпрямленный ток до 0,3 А, от 0,3 до 10 А и свыше 10 А соответственно.

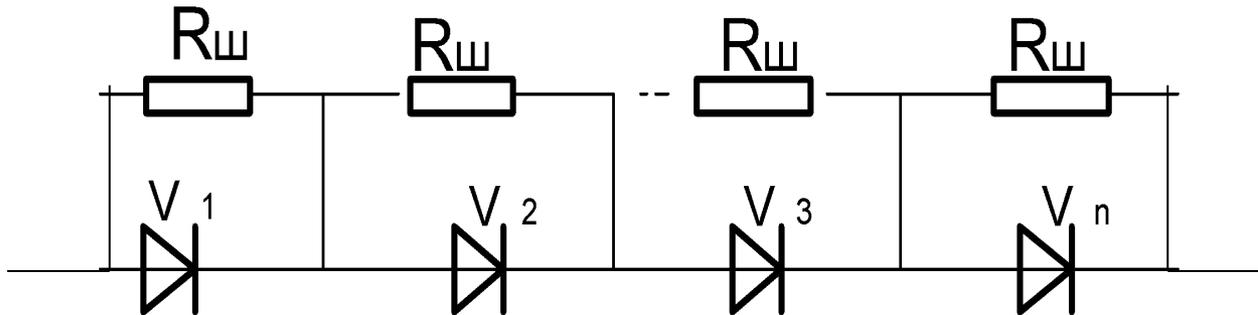
Выпускаются также выпрямительные матрицы и блоки, имеющие в одном корпусе по четыре или восемь диодов, соединенные по мостовой схеме выпрямителя и имеющие $I_{пр\ max}$ до 1 А и $U_{пр\ max}$ до 60 В.



Сравнительная характеристика некоторых типов выпрямительных диодов

| Диод | Максимальный прямой ток ($I_{пр\ max}$) | Максимально допустимое обратное напряжение ($U_{обр\ max}$) |
|--------|---|--|
| 1N4001 | 1A | 50V |
| 1N4002 | 1A | 100V |
| 1N4007 | 1A | 1000V |
| 1N5401 | 3A | 100V |
| 1N5408 | 3A | 1000V |

Последовательное включение диодов

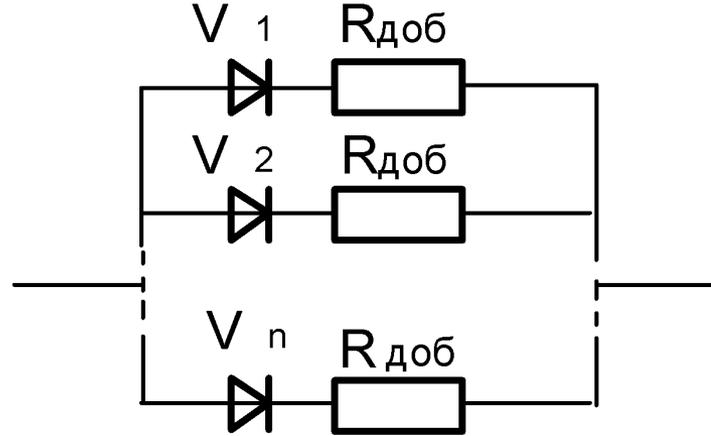


В высоковольтных цепях используют последовательное соединение диодов при этом напряжение распределяется между всеми диодами.

В этом случае, из-за различия величин $I_{обр}$ отдельных диодов, большая часть приложенного напряжения будет падать на диоде с наименьшим обратным током и обратное напряжение может превысить допустимое $U_{обр.макс}$, что приведет к его пробое.

Для искусственного выравнивания напряжений диоды шунтируют резисторами $R_{ш}$, величины которых (все одинаковые) малы по сравнению с обратным сопротивлением диодов.

Параллельное включение диодов



При необходимости получить выпрямленный ток, превышающий предельно допустимое значение для одного диода, применяют параллельное включение однотипных диодов.

Для выравнивания разброса величин прямых сопротивлений диодов $R_{пр}$ последовательно подключают добавочные сопротивления $R_{доб}$ небольшой величины.

Схемы выпрямления переменного напряжения при работе на активную нагрузку

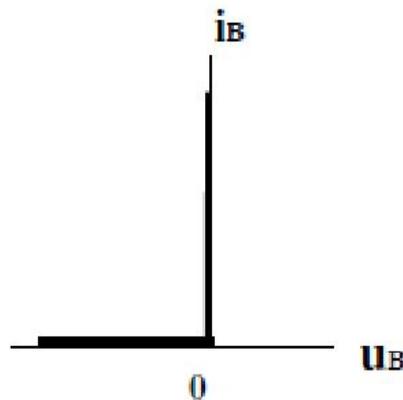
Основными элементами схемы выпрямления являются силовой трансформатор и вентиляльные элементы (элементы с односторонней проводимостью).

Силовой трансформатор осуществляет преобразование по величине переменного напряжения сети $U_1(t)$ в переменное напряжение $U_2(t)$, требуемое для получения на нагрузке постоянного напряжения U_0 заданного номинала.

Считая трансформатор идеальным, будем полагать далее, что амплитуды входного (U_{m1}) и выходного (U_{m2}) напряжений на его обмотках связаны через коэффициент трансформации

$$n = U_{m2} / U_{m1},$$

численно равный отношению витков его вторичной и первичной обмоток:



$$n = \omega_2 / \omega_1$$

Вентильный элемент - нелинейный прибор с односторонней проводимостью, в частности, полупроводниковый диод, тиристор и т.п. Независимо от типа элемента, используемого в качестве вентиля, будем полагать, что его вольтамперная характеристика является идеальной

Основные характеристики схем выпрямления

1. Постоянные составляющие выпрямленного тока I_0 или напряжения U_0 :

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i_H(t) dt, \quad U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u_H(t) dt$$

- средние за период значения тока или напряжения на нагрузке.

2. Действующие значения напряжения или тока, протекающего через фазную обмотку

$$U_2 = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_2^2(t) dt} \quad I_2 = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_2^2(t) dt}$$

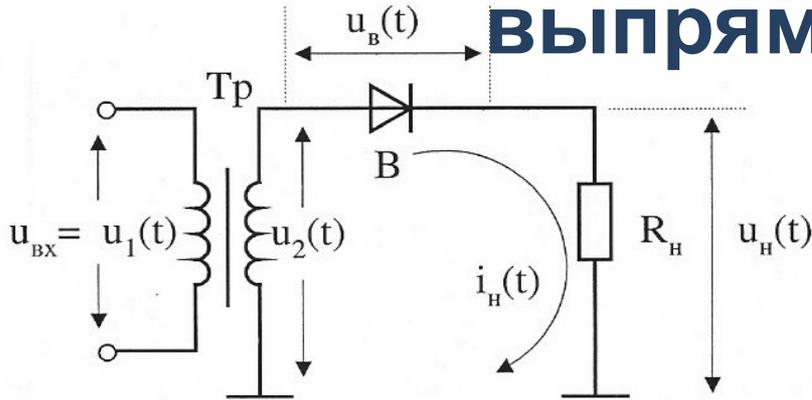
Эти параметры численно равны таким значениям постоянных напряжений и токов, которые обуславливают рассеяние на нагрузке $R_H = 1 \text{ Ом}$ той же мощности, что и соответствующие переменные напряжения $U_2(t)$ и ток $I_2(t)$.

3. Максимальное обратное напряжение $U_{\text{обр.макс}}$, прикладываемое к вентилю в непроводящий цикл. Данный параметр определяет возможность использования полупроводникового прибора в конкретной схеме выпрямления.

4. Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения, характеризующий отношение переменной составляющей напряжения U_{\sim} или тока I_{\sim} на нагрузке к соответствующей постоянной составляющей - U_0 или I_0 .

5. Частота пульсации тока или напряжения на нагрузке.

Однофазный однополупериодный выпрямитель

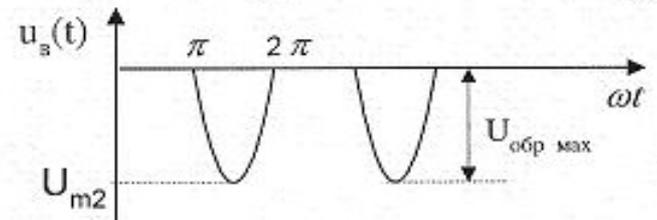
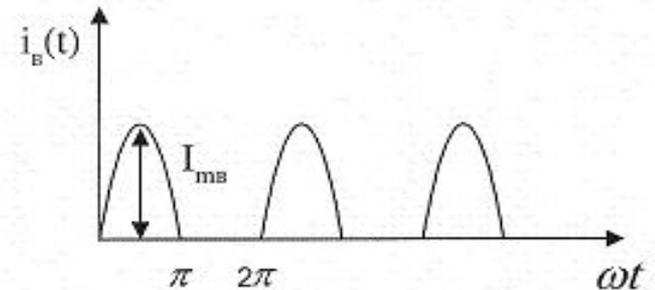
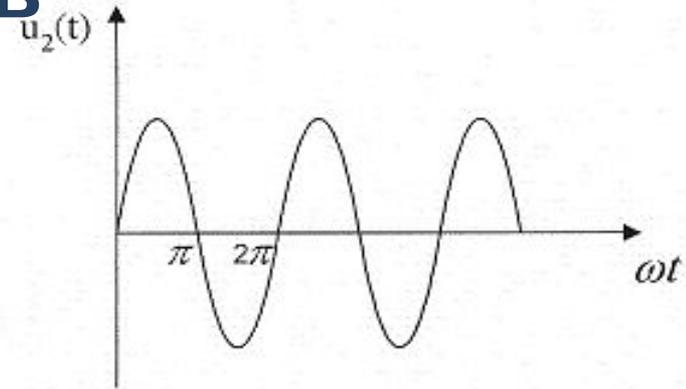


$$u_{BX}(t) = u_1(t) = U_{m1} \sin \omega t$$

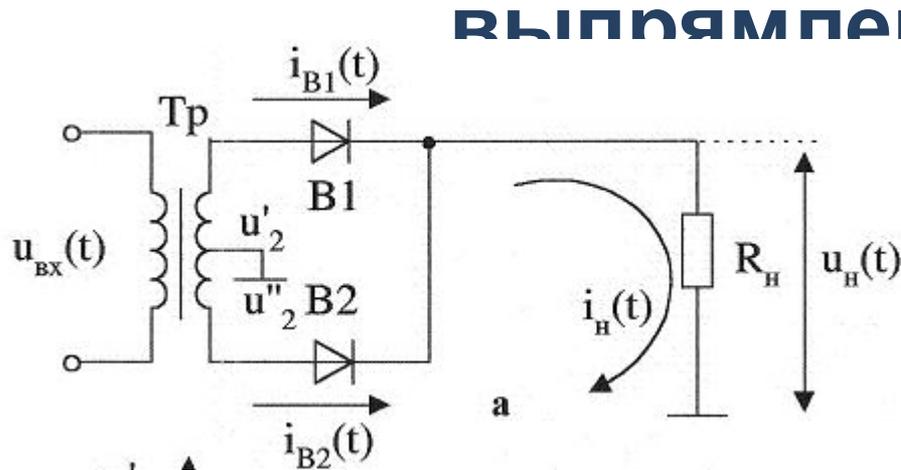
$$u_2(t) = n \cdot u_1(t) = U_{m2} \sin \omega t$$

Если вентиль В является идеальным,
то

$$i_A(t) = i_2(t) = i_f(t) = \begin{cases} \frac{U_{m2}}{R_f} \sin \omega t & \text{ї ðè } u_2(t) \geq 0 \\ 0 & \text{ї ðè } u_2(t) < 0 \end{cases}$$



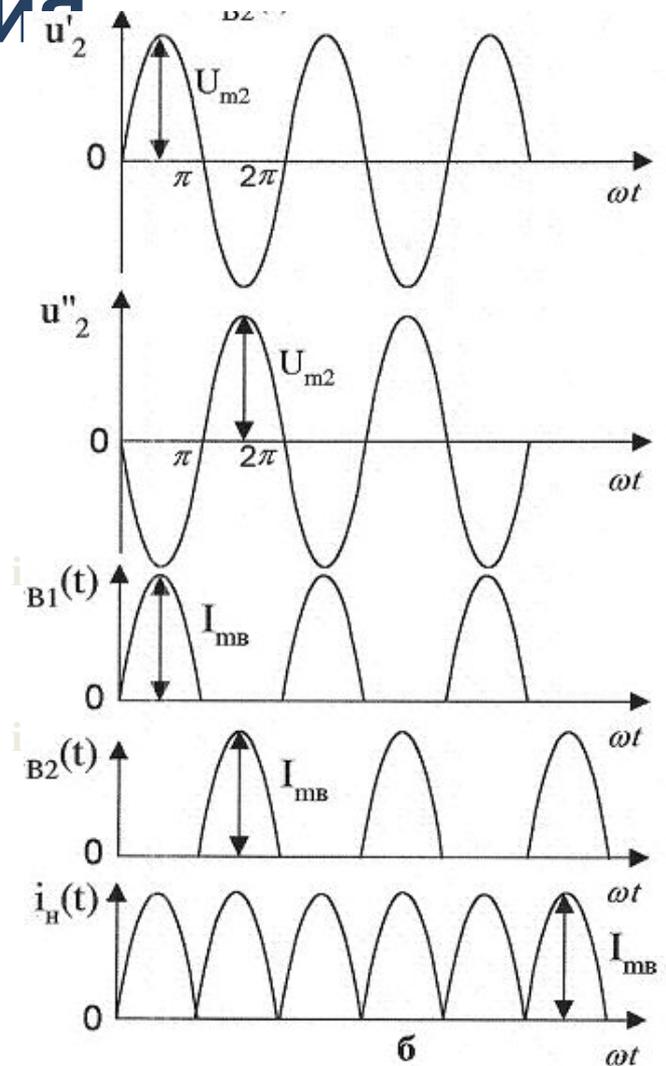
Двухфазная одноконтурная схема выпрямителя



$$u'_2(t) = U_{m2} \sin \omega t \quad \text{и} \quad u''_2(t) = -U_{m2} \sin \omega t.$$

$$I_{m2} = \frac{U_{m2}}{R_H}$$

$$i_H(t) = i_{B1}(t) + i_{B2}(t) = \frac{U_{m2}}{R_H} |\sin \omega t|$$



Двухполупериодная мостовая схема выпрямления

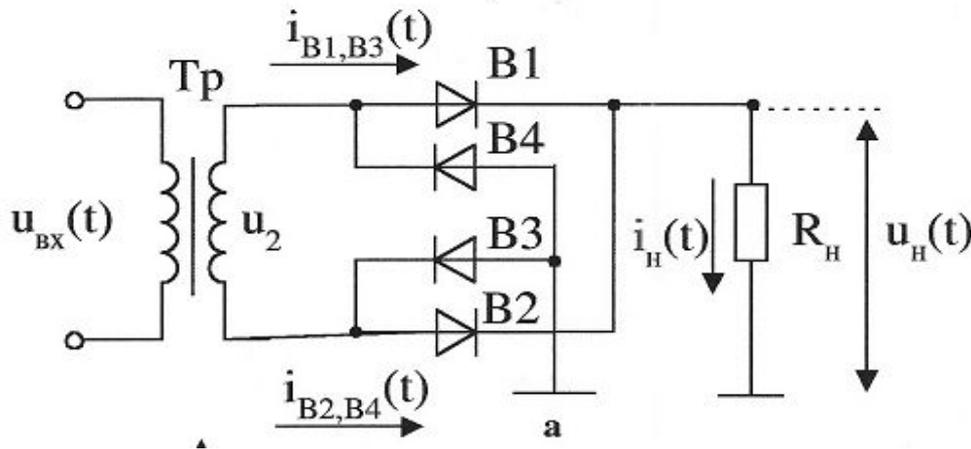


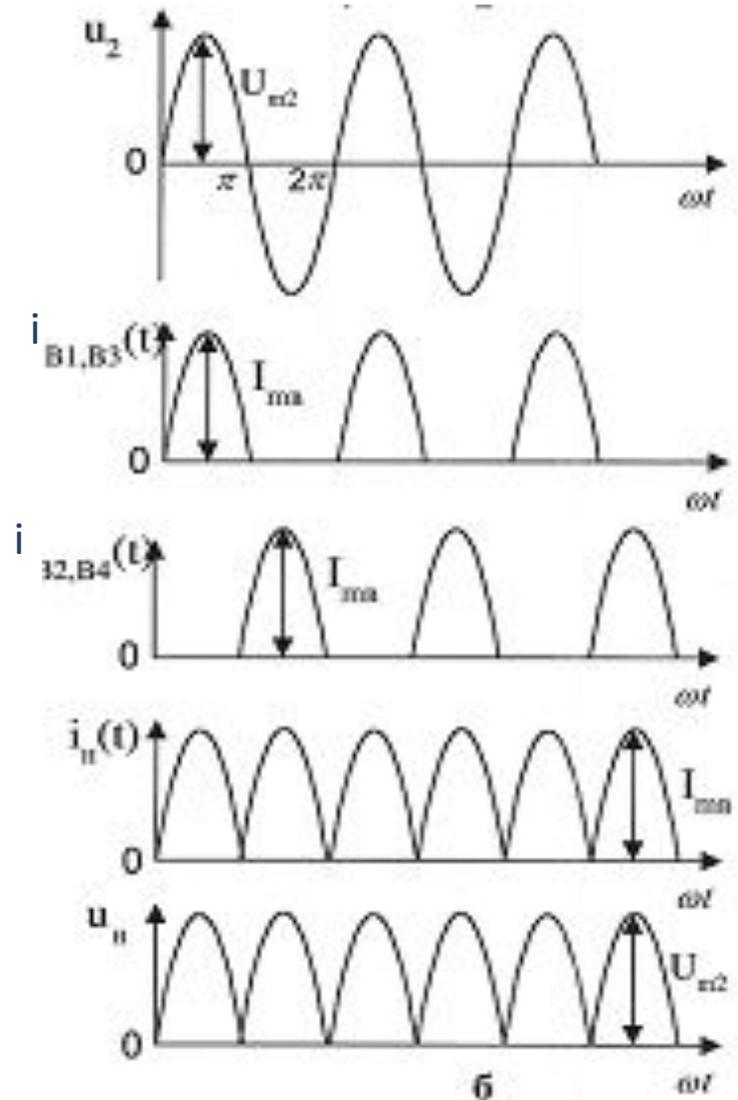
Схема содержит трансформатор Тр с одной вторичной обмоткой и 4 вентиля (B1 - B4), включенных по мостовой схеме.

Вентили включены таким образом, что в положительные полупериоды фазного напряжения ток вторичной обмотки $i_2(t)$ протекает через B1, R_H и B3, а в отрицательные - через B2, R_H и B4.

При этом направление протекания тока через нагрузку

$$i_H(t) = i_{B1,B3}(t) + i_{B2,B4}(t)$$

не меняется в течение всего периода выпрямляемого напряжения, в то время как ток вторичной обмотки $i_2(t)$ дважды меняет направление



Расчет схем выпрямления

При расчете схем выпрямления исходными данными являются:

1. Постоянные составляющие выпрямленного тока I_0 и напряжения U_0 , определяющие как величину сопротивления $R_H = U_0 / I_0$ нагрузки, так и мощность, рассеиваемую на нагрузке.
2. Эффективное (действующее) значение U_1 , частота $f = 1/T$ первичного напряжения сети.

В результате расчета необходимо:

1. Выбрать схему выпрямления, обеспечивающую возможность получения требуемых значений I_0 и U_0 .
2. Для выбранной схемы выпрямления определить требования к вентилям схемы, оценив:
 - эффективное (действующее) значение тока вентиля I_V ;
 - максимальное значение тока вентиля $I_{V \max}$;
 - максимальное значение обратного напряжения вентиля $U_{OEB \max}$
3. На основании рассчитанных значений $I_V, I_{V \max}, U_{OEB \max}$ выбрать тип вентиля.

Сравнение технических характеристик основных схем выпрямления

| Электрич. показатели | | m=2 | m=2 |
|-------------------------|-----------|------------|------------|
| | m=1 | p=2,q=1 | p=1,q=2 |
| I_B | $1,57I_0$ | $0,785I_0$ | $0,785I_0$ |
| $I_{B \max}$ | $3,14I_0$ | $1,57I_0$ | $1,57I_0$ |
| $U_{OБP \max}$ | $3,44U_0$ | $3,14U_0$ | $1,57U_0$ |
| $k_{\Pi}, \%$ | 157 | 66,7 | 66,7 |
| P_T | $3,1P_0$ | $1,48P_0$ | $1,23P_0$ |

**Спасибо за
внимание!**

