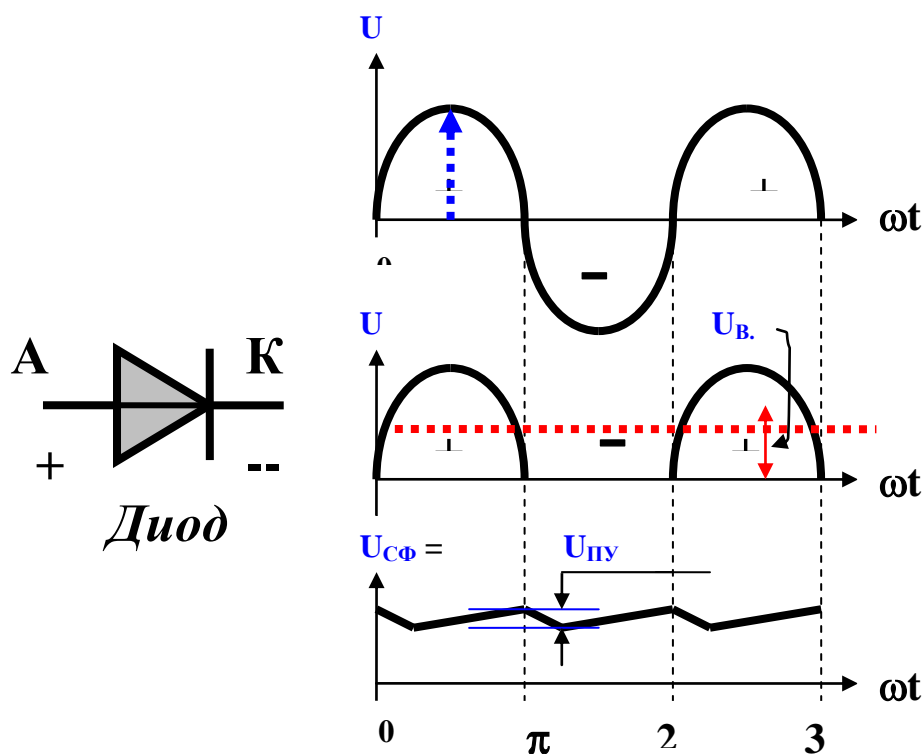
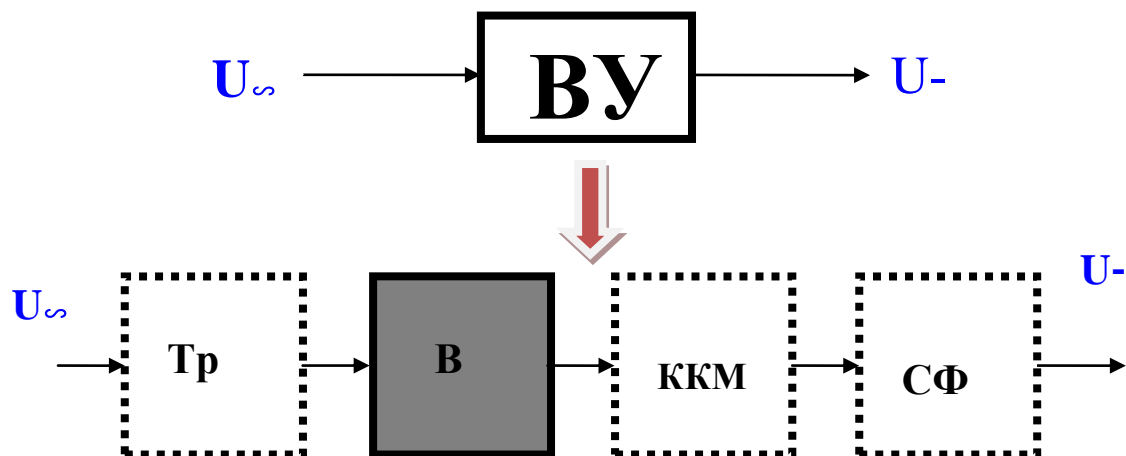


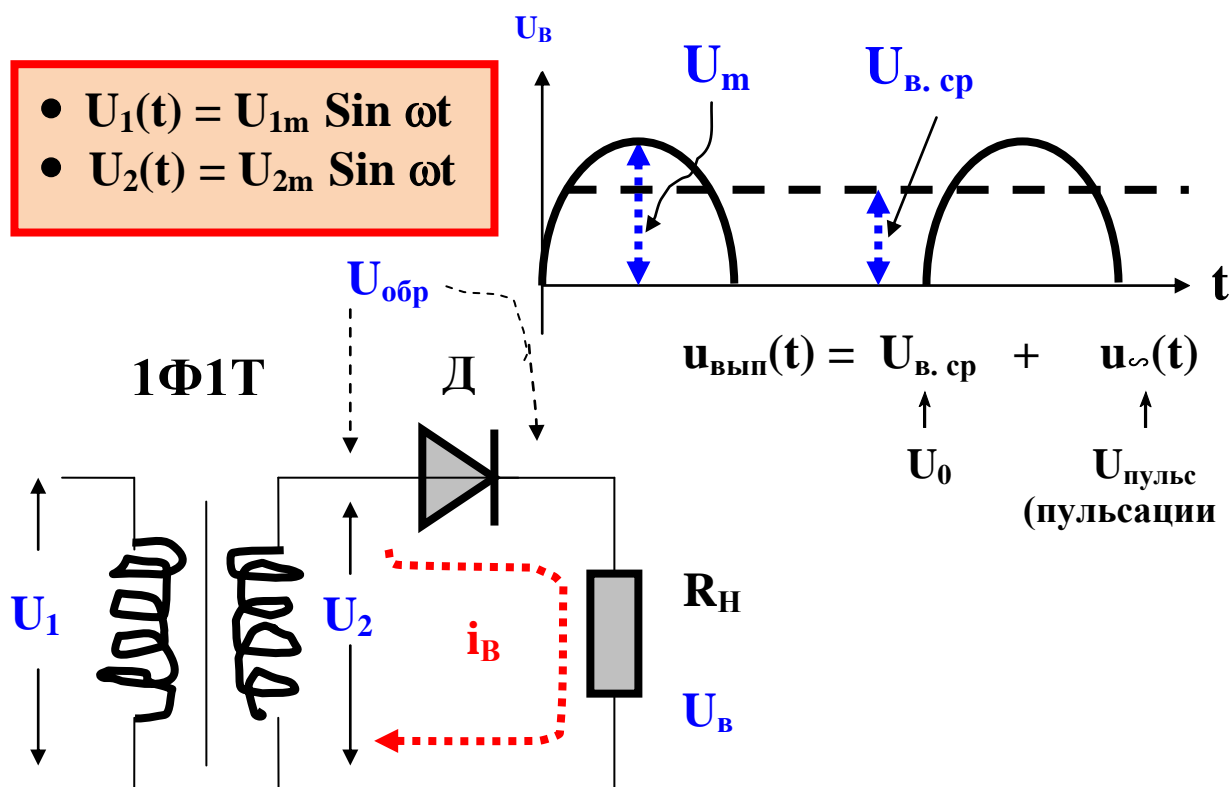
Тема: Выпрямительные устройства

Выпрямительное устройство предназначено для преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока

Выпрямитель предназначен для преобразования энергии переменного тока в энергию однополярных пульсаций (однополярных импульсов)



Основа выпрямления - односторонняя проводимость диодов



тличия в функционировании реального диода от идеального

Состояние	Реальный диод	Идеальный диод
Открыт (проводит)	$r_{пр} = \min$ $U_{пр} = \min$	$r_{пр} = 0$ $U_{пр} = 0$
Закрыт (не проводит)	$r_{обр} = \max$ $I_{обр} = \min (\rightarrow 0)$	$r_{обр} = \infty$ $I_{обр} = 0$
Переключается	$t_{пер} = \min (\rightarrow 0)$	$t_{пер} = 0$

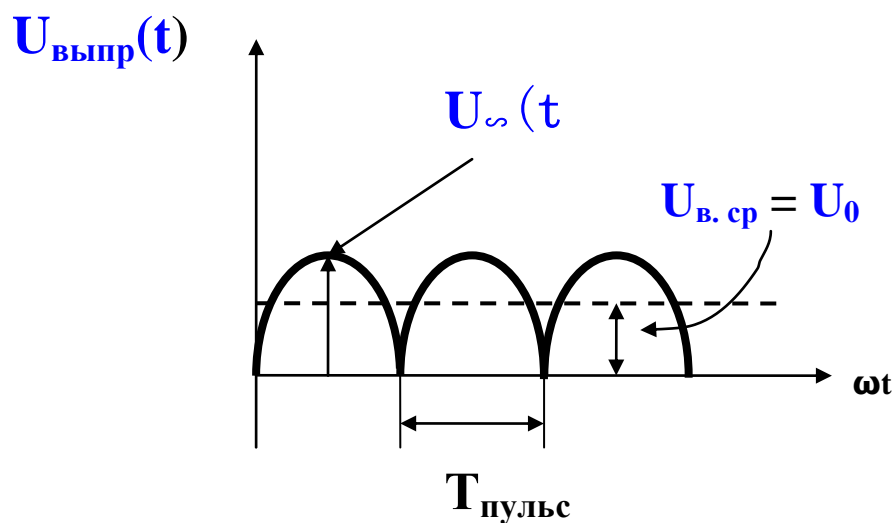
Правила выбора диода в схему выпрямления

Состояние диода	Параметр схемы	Отношение	Справочник
Проводит	$I_{в. ср.}$	$<$	I_0 доп (постоянный)
Не проводит	$U_{обр. max}$	$<$	$U_{раб. доп}$
Переключается	- f (синусоидальная форма) - f (прямоугольная форма)	$<$ \ll	$f_{гр}$ – (задаётся числом или графиком)
Если таких диодов несколько, то выбирается тот, у которого $U_{пр} \rightarrow \min$			

При коэффициенте использования

предельных значений параметров: $K_{исп} \approx 0.8$

Показатели качества схем выпрямления



$$1. \quad PK_1 = \frac{U_0}{U_2} \rightarrow (\uparrow)$$

PK_1 есть отношение средневывпрямленного значения напряжения (постоянной составляющей) к действующему значению напряжения на вторичной обмотке до выпрямительного диода.
 PK_1 оценивает уровень преобразования переменного напряжения в постоянное

$$2. \quad PK_2 = \frac{U_{обр}}{U_0} \rightarrow (> 1)$$

PK₂ есть отношение обратного напряжения (практически, ЭДС полуволны, запирающей выпрямительный диод) к средне-выпрямленному напряжению

PK₂ оценивает требования схемы выпрямления к допустимому рабочему напряжению выпрямительного диода

$$3. \quad PK_3 = K_{п1} = \frac{U_{m1}}{U_0} \rightarrow (\min)$$

PK₃ (Коэффициент пульсаций) есть отношение амплитуды первой гармоники пульсаций к значению средне-выпрямленного напряжения в нагрузке.

PK₃ оценивает содержание первой гармоники пульсаций в выпрямленном напряжении

$$4. \quad PK_4 = K_{им} = \frac{P_0}{P_T} \rightarrow (< 1)$$

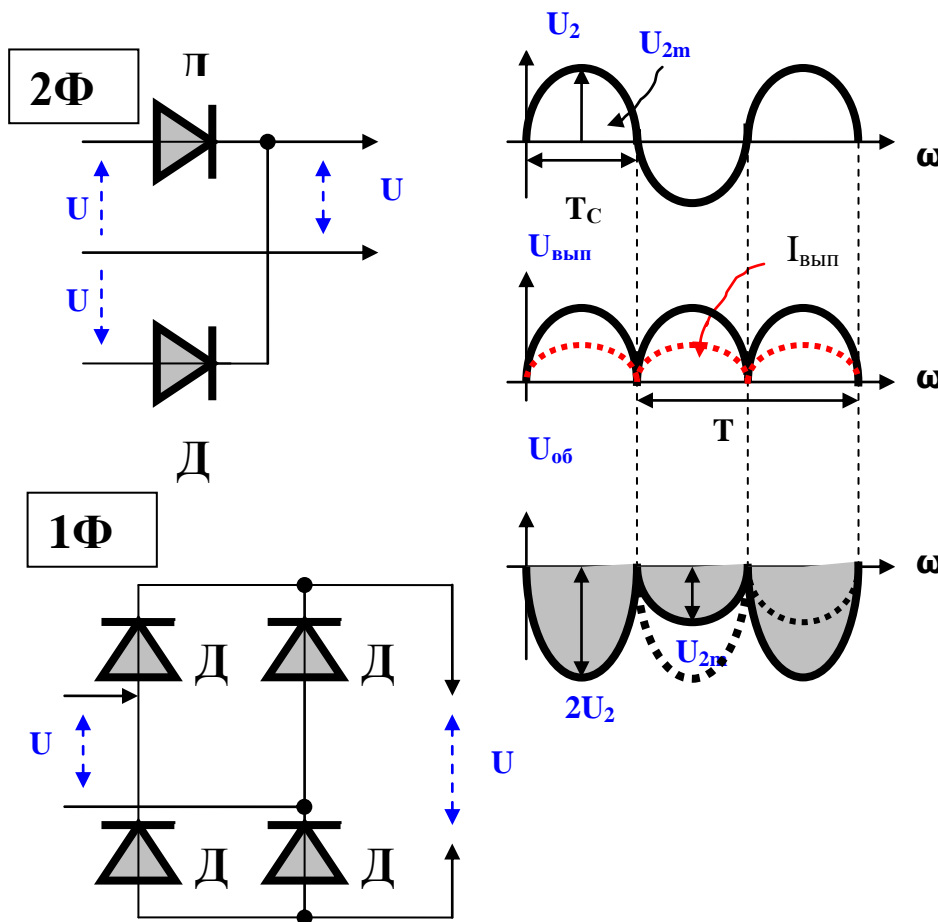
PK₄ (Коэффициент мощности) есть отношение мощности, отдаваемой потребителю P_0 к габаритной (типовой) мощности трансформатора.

PK₄ оценивает уровень использования схемой выпрямления габаритной мощности трансформатора

При бестрансформаторном входе вместо габаритной мощности трансформатора подставляется средне-выпрямленная за период мощность

$$(P_T \rightarrow P_{в. ср.} = \frac{1}{T} \int_0^T u_B(t) * i_B(t) dt)$$

Тема: *Выпрямление однофазного переменного тока* *Однофазные схемы выпрямления*

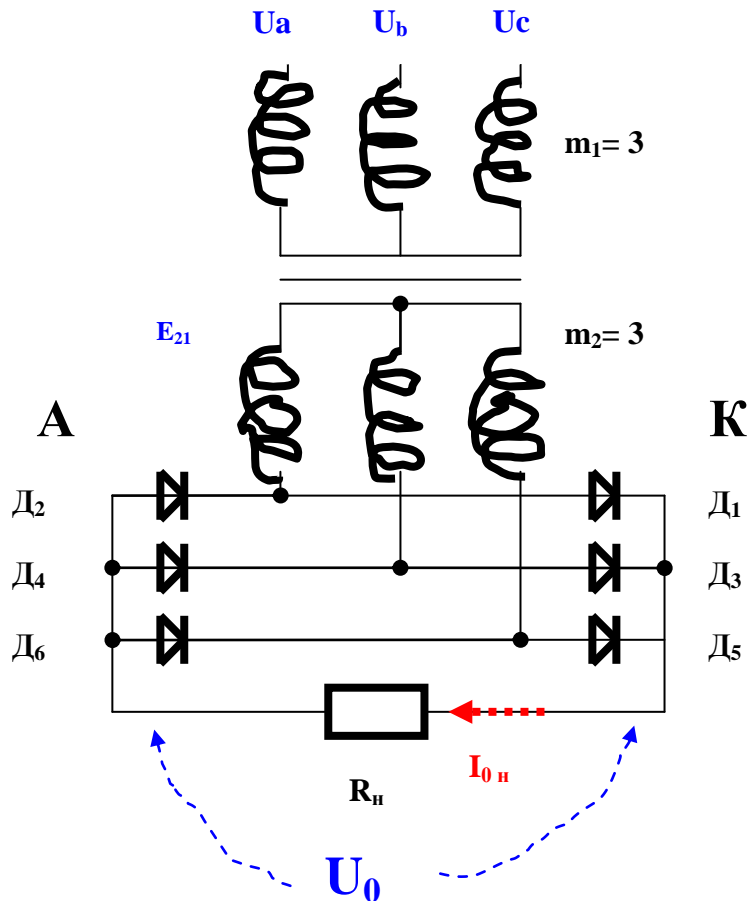


- Обе схемы выпрямления – двухтактные, т.е. выпрямляются обе полуволны входного переменного напряжения.
- В обеих схемах диоды пропускают одинаковый ток (около половины тока нагрузки)
- В обеих схемах выпрямительные диоды проводят половину периода, пропуская полуволну. Поэтому величина средневывпрямленного напряжения и величина пульсаций выходного напряжения одинакова в обеих схемах. Коэффициент преобразования переменного напряжения одинаков и меньше единицы
- Значение обратного напряжения (на закрытом диоде) в 2Ф1Т схеме выпрямления в два раза меньше, чем в 1Ф2Т (мостовой), т.к. в мостовой схеме в плече два диода и обратное напряжение вторичной обмотки делится пополам

- Однако, в 1Ф2Т схеме выпрямления 4 диода, а в 2Ф1Т – два, поэтому объём мостовой схемы больше. Больше и потери мощности. Поэтому, исходя из желания минимизировать потери мощности, 1Ф2Т выпрямитель используется при малых значениях напряжения нагрузки, а 2Ф1Т выпрямитель – при больших значениях
- 2Ф1Т выпрямитель лучше использует трансформатор, поэтому при одинаковой мощности нагрузки, объём трансформатора при 2Ф1Т выпрямителе меньше

Тема: *Выпрямление трёхфазного переменного тока*

1: *Трёхфазная двухтактная схема выпрямления*



$$m_{\Pi} = 6$$

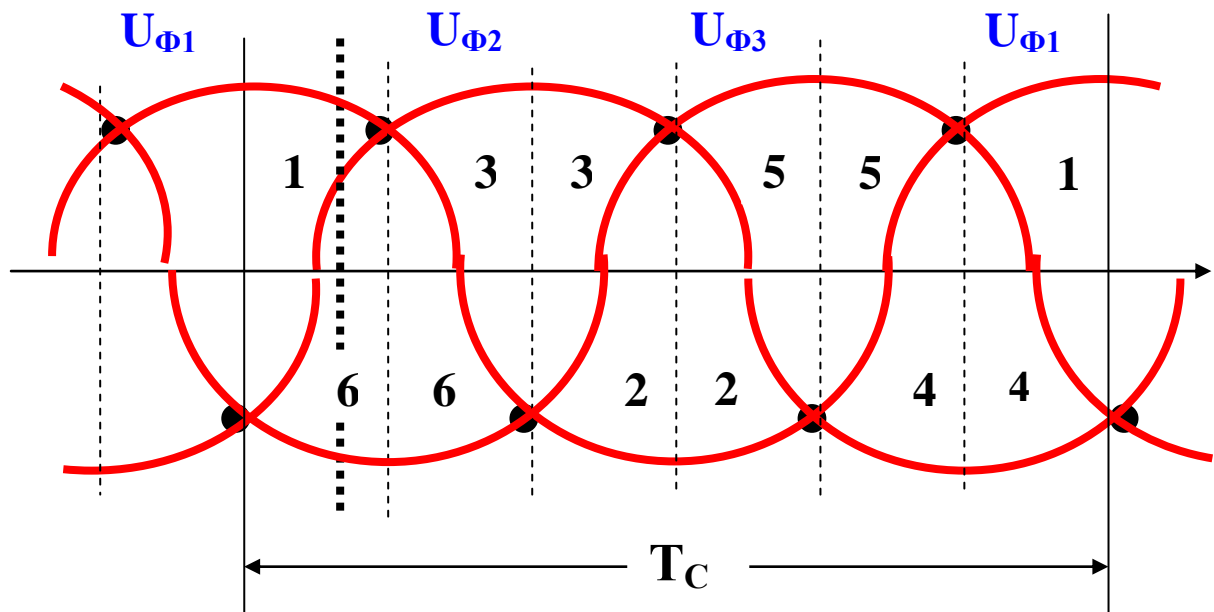
$$f_{\Pi} = 6f_c$$

- Частота пульсаций выпрямленного напряжения в 6 раз больше частоты сети
- В каждый момент времени к выпрямителю $D_1 - D_6$ прикладывается не фазное напряжение, а линейное.
Т.к. линейное напряжение в $\sqrt{3}$ больше фазного, то средневывпрямленное напряжение на выходе схемы выпрямления значительно больше фазного. А коэффициент преобразования в постоянное напряжение – больше единицы.
- Диоды выпрямителя переключаются в моменты равенства фазных ЭДС:

$$\begin{aligned} E_{21} &= E_{22} \\ E_{22} &= E_{23} \\ E_{23} &= E_{21} \end{aligned}$$

- Принцип коммутации диодов выпрямителя

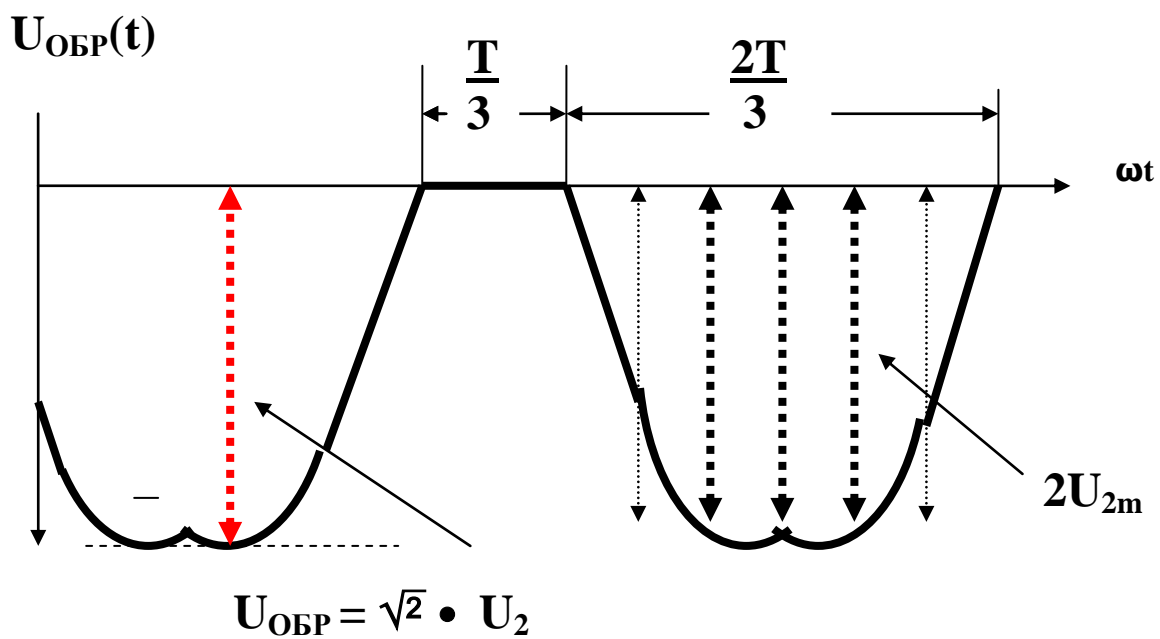
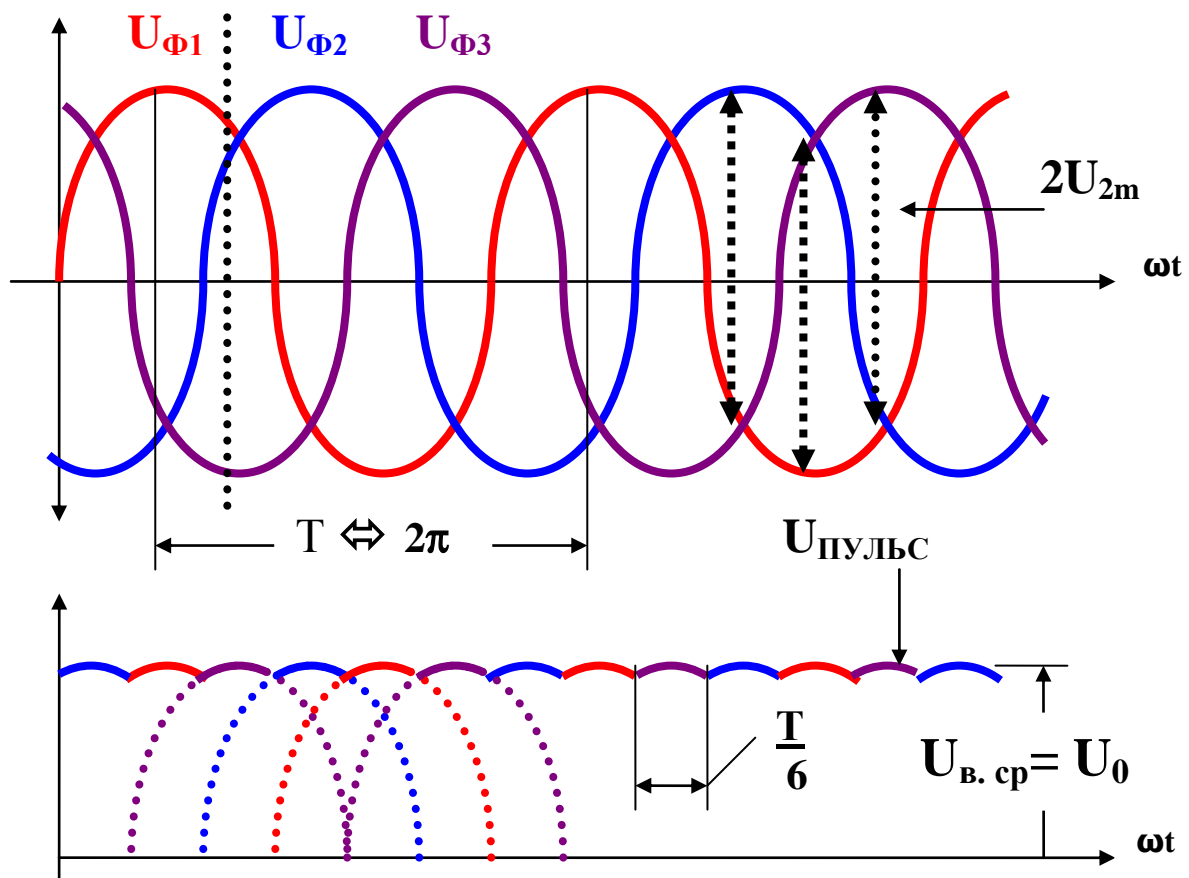
В каждый момент времени открыты два диода. Один – из группы анодной (общий анод) D_2 – D_6 , тот, на катоде которого в этот момент имеет место наибольшее отрицательное напряжение, а другой – из группы катодной (общий катод), тот, на аноде которого в этот момент имеет место наибольшее положительное напряжение.



- Пульсации выпрямленного напряжения образуются как огибающая выпрямленных полувольт
- Т.к. величина средневывпрямленного напряжения намного больше величины пульсаций, а частота пульсаций - частоты сети, то коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения очень мал (меньше 6 %). По этой причине требования к сглаживающему фильтру ослаблены, а в ряде приложений он может быть исключён из состава выпрямительного устройства.
- Обратное напряжение есть геометрическая сумма линейных напряжений трех фаз (см. рис.). Оно может быть вычислено как со входа, так и с выхода:

Со входа: $U_{OBR} = \sqrt{2}\sqrt{3}U_2$

С выхода: $U_{OBR} = 1.05U_0$



1. $\varphi = 120^\circ$ $m_1 = 3$ $m_2 = 3 \Rightarrow m_{\Pi} = 6$

$f_{\Pi} = 6f_c$

Сравнение показателей качества схем выпрямления

Показатели качества		2Ф1Т	1Ф2Т	3Ф1Т	3Ф2Т
ПК₁	U_0 / U_2	0.91	0.91	1.17	2.34
ПК₂	$U_{обр} / U_0$	3.14	1.57	2.1	1.05
ПК₃	$K_{н1} = U_{н1} / U_0$	0.667	0.667	0.25	0.057
ПК₄	$K_{им} = P_0 / P_T$	0.625	0.814	0.75	0.96
f_п	-	2f_c	2f_c	3f_c	6f_c
i_{выпр. ср.}	-	$\approx I_{0H} / 2$		$\approx I_{0H} / 3$	
Количество диодов	-	2	4	3	6

Перекрытие фаз (при $m \geq 3$)

Перекрытие фаз проявляет себя прежде всего в многофазных сетях электроснабжения. Перекрытие фаз – это совместная работа фаз в части периода. Причины две:

1. Индуктивности обмоток трансформатора и сглаживающих фильтров
2. Неидеальность выпрямительных диодов

Причина 1: Индуцированные в обмотках «рассеяния» ЭДС препятствуют спаду выпрямленного тока и выпрямительные диоды не выключаются по окончании выпрямленной полуволны и продолжают проводить уже с диодом, открывающемся в следующей фазе

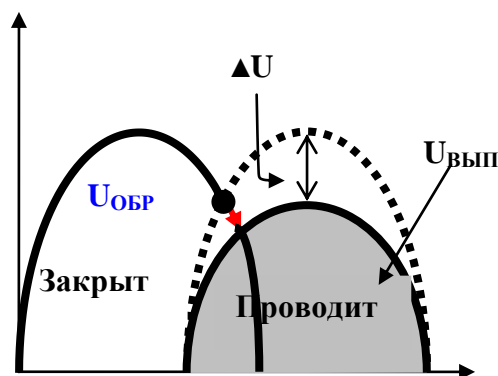
Причина 2: В реальных выпрямительных диодах имеет место падение напряжения на переходе диода. Т.е. выпрямленная полуволна (прошедшая через диод) меньше выпрямляемой (ЭДС) на величину падения напряжения $U_{пр}$. Поэтому диоды переключаются не в момент равенства фазных ЭДС, а в момент равенства фазных ЭДС и выпрямленных напряжений. На рисунке сдвиг момента переключения показан красными стрелками.

Идеальный выпрямитель

$$e_{21} = e_{22}$$

$$e_{22} = e_{23}$$

$$e_{23} = e_{21}$$

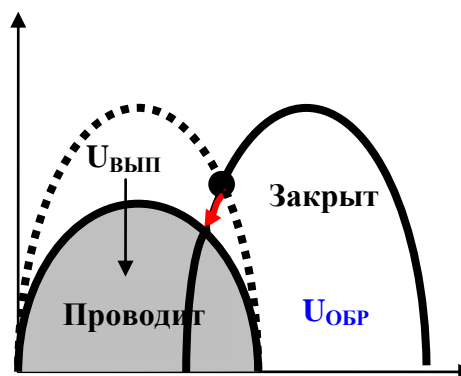


Реальный выпрямитель

$$e_{21} = U_{22}$$

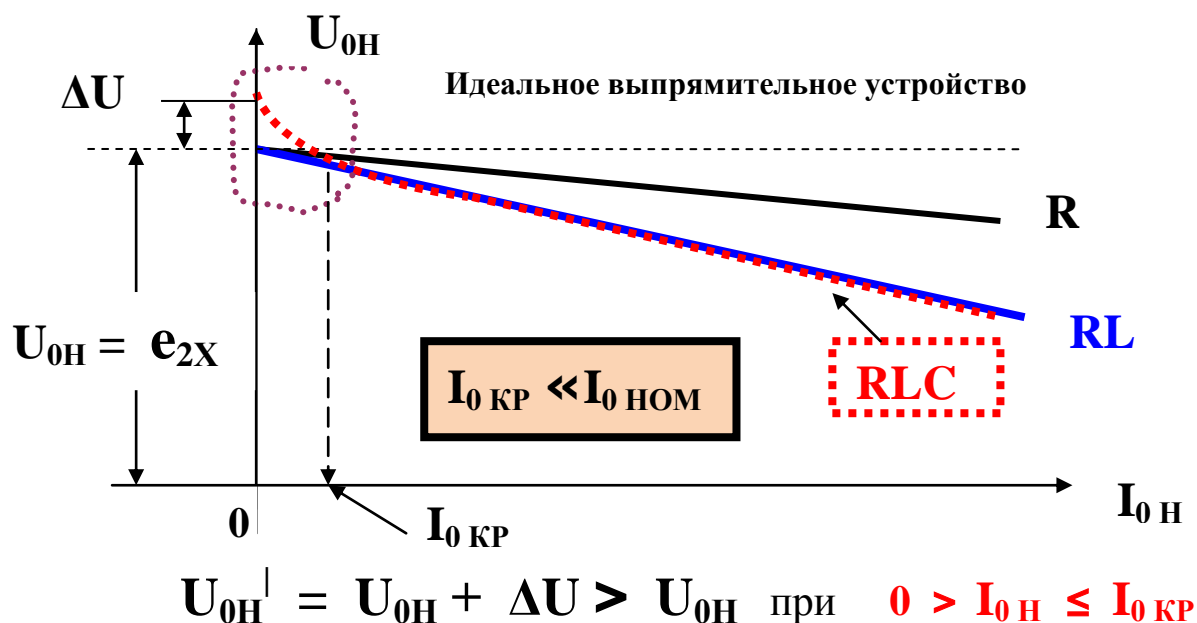
$$e_{22} = U_{23}$$

$$e_{23} = U_{21}$$



- Следствие перекрывтия фаз – снижение величины средневывпрямленного напряжения, искажение формы выпрямленной полуволны, длительность которой становится больше π , растут потери мощности.
- Диод - активный элемент, поэтому на работу отдельного диода поле, создаваемое трансформатором, воздействовать не может. Однако, на работу выпрямителя (сборки диодов) трансформатор оказывает влияние в форме перекрывтия фаз. По этой причине, как и по другим причинам, трансформатор со входа целесообразно убирать

Внешняя характеристика ВУ



В целом, внешняя характеристика ВУ имеет тот же вид, что и для других устройств, например, трансформатор: **выходное напряжение снижается с ростом тока нагрузки из-за роста падения напряжения на выходном сопротивлении ВУ**

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{TR} + \Delta U_B + \Delta U_{CF}$$

- ΔU_{TR} ($R_{ВЫХ} = r_2 + r_1 / K_T^2$) r_1, r_2 – сопротивление обмоток трансформатора;
- ΔU_B ($n U_{ПР}$), где n – число диодов в плече выпрямителя;
- ΔU_{CF} (r_L), r_L – сопротивление обмотки реактора СФ