

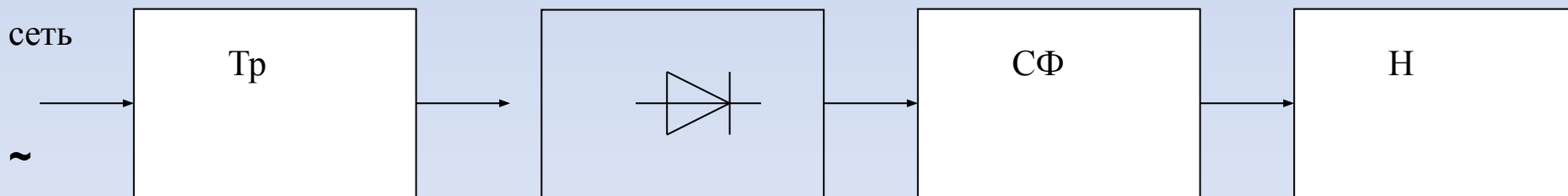
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ (ПВ)

1. ПОНЯТИЕ О ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЯХ (ПВ)

ПВ предназначены для преобразования переменного тока в постоянный (обеспечивают протекание тока только в одном направлении).

ТИПИЧНАЯ БЛОК-СХЕМА ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

(4 прямоугольника, каждый обозначает элемент установки, включая нагрузку)



Трансформатор предназначен для изменения напряжения питающей сети до величины, которая обеспечивает требуемое выпрямленное напряжение.

Выпрямленное напряжение имеет переменную составляющую, называемую пульсации.
Для уменьшения пульсаций между диодами и нагрузкой включается сглаживающий фильтр (СФ);

В зависимости от числа фаз питающей сети. характера нагрузки (Н), а также требований к выпрямленному току Диоды соединяются в различные системы.

2. Однополупериодная система выпрямления однофазного тока

Такая система обеспечивает протекание тока через нагрузку только в течение одного полупериода (отсюда и название).

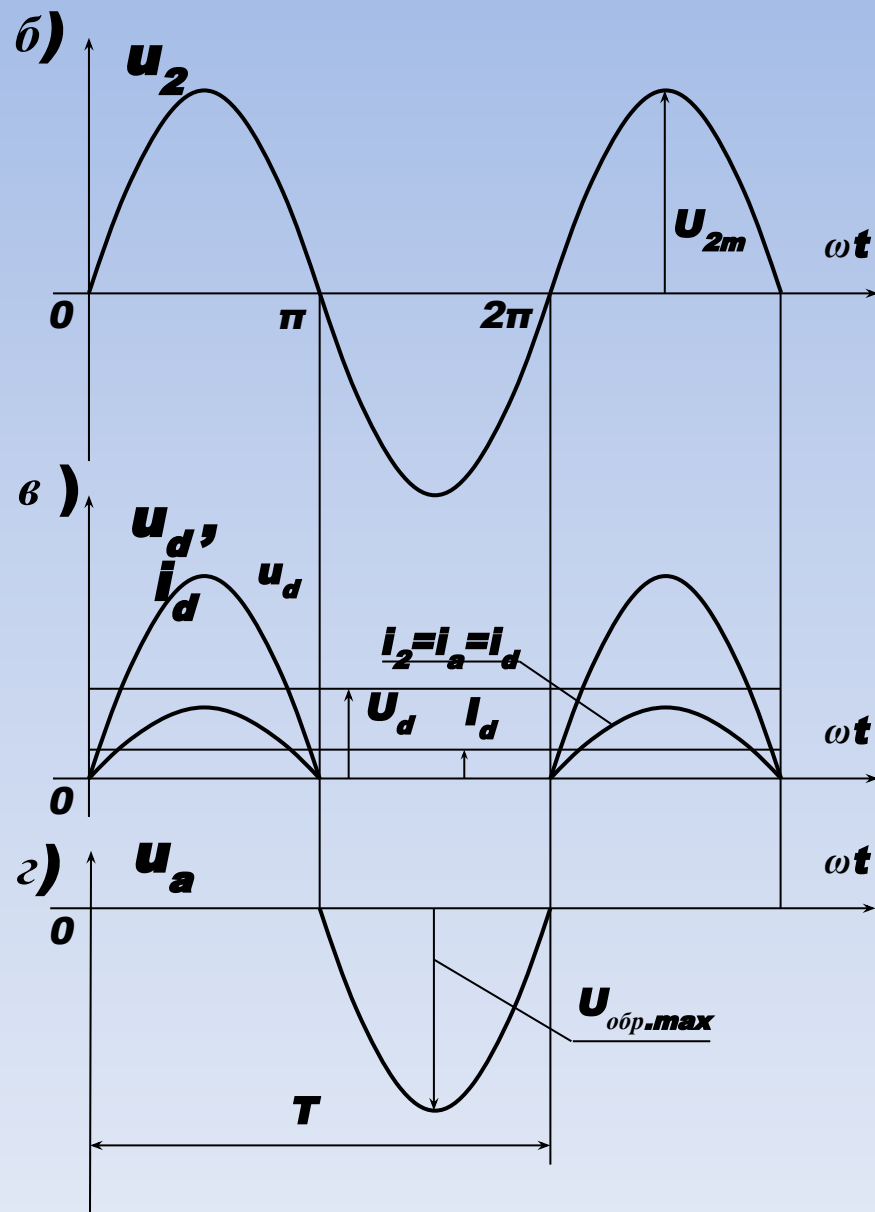
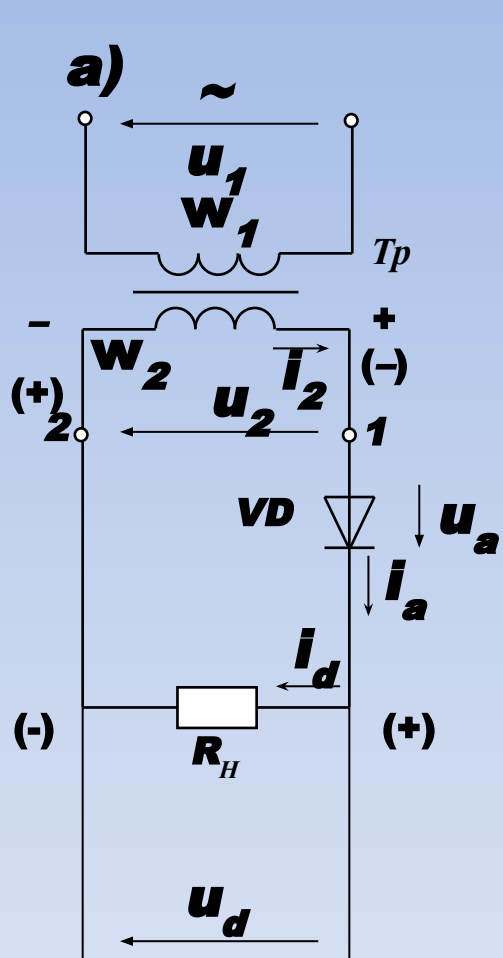
Для проведения теоретического анализа сделаем следующие допущения (не особенно искажающие результаты):

-Идеальный диод	$R_{пр}=0$	$R_{обр}=\infty$
-Трансформатор	$r_2=0$	$X_2=0$

-Входное напряжение изменяется по синусоидальному закону

$$u=U_m \cdot \sin \omega t$$

Принципиальная схема Однотактной системы выпрямления однофазного тока



Положительный зажим выпрямителя соединяется с катодом диода VD.

Отрицательный зажим выпрямителя соединяется непосредственно со вторичной обмоткой трансформатора.

При положительном полупериоде напряжение к диоду приложено в прямом направлении.

Мгновенное значение выпрямленного тока равно

$$i_d = I_m \sin \omega t$$

При отрицательном полупериоде ток через нагрузку не протекает

$$i_d = 0.$$

Среднее значение выпрямленного тока определяется следующим образом

$$I_d = \frac{1}{T} \int_0^{0,5 \cdot T} i_d dt = \frac{1}{T} \int_0^{0,5 \cdot T} I_m \sin \omega t \cdot dt = \frac{\omega \cdot I_m}{2 \cdot \pi \cdot \omega} [-\cos \omega t] \int_0^{0,5 \cdot T} =$$
$$= \frac{I_m}{2 \cdot \pi} (-\cos \pi + 1)$$

$$\omega T = 2\pi; \quad T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

$$I_d = \frac{I_m}{\pi}; \quad I_m = \pi \cdot I_d.$$

В однополупериодной схеме выпрямления мгновенные значения тока через диод и выпрямленного равны:

$$i_a = i_d$$

Поскольку сопротивление нагрузки имеет активный характер, то закон изменения напряжения на нагрузке

$$u_d$$

подобен закону изменения тока через нагрузку

$$i_d$$

Тепловые потери на диодах и нагрузке определяются действующим значением тока:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{0,5 \cdot T} i_d^2 dt} = \frac{I_m}{2}; \quad I_m = 2 \cdot I = \pi \cdot I_d.$$

соотношение между действующим и средним значениями тока через нагрузку равно

$$I = 1,57 \cdot I_d.$$

Мгновенное значение напряжения на нагрузке равно

$$u_d = i_d \cdot R \quad \Leftrightarrow \quad U_d = \frac{U_M}{\pi} = \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\pi};$$

Тогда действующее значение напряжения на выходе трансформатора

$$U = 2,22 \cdot U_d.$$

ВЫВОД:

Чтобы получить требуемое значение выпрямленного напряжения, действующее значение напряжения трансформатора должно быть в 2,22 раза больше.

При отрицательном полупериоде ток через нагрузку и диод не протекает, поэтому все напряжение приложено к диоду, его максимальное значение равно

$$U_{OBR} = U_M.$$

$$U_{OBR} = \pi \cdot U_d.$$

Зная для конкретного диода допустимое обратное напряжение

$$U_{OBR \text{ ДОП}}$$

можно рассчитать количество диодов, которые должны быть соединены последовательно:

$$n = \frac{U_{OBR}}{U_{OBR \text{ ДОП}}}$$

Коэффициент пульсаций

– понимают отношение амплитуды первой гармоники при разложении выпрямленного напряжения в ряд Фурье к среднему значению выпрямленного напряжения

$$K_{\Pi} = \frac{U_{M1}}{U_d};$$

В рассматриваемом случае ток через нагрузку протекает пульсирующий

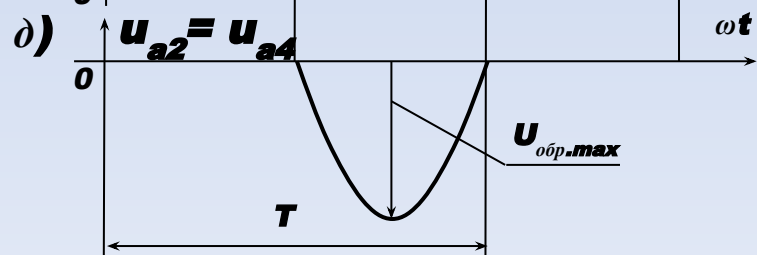
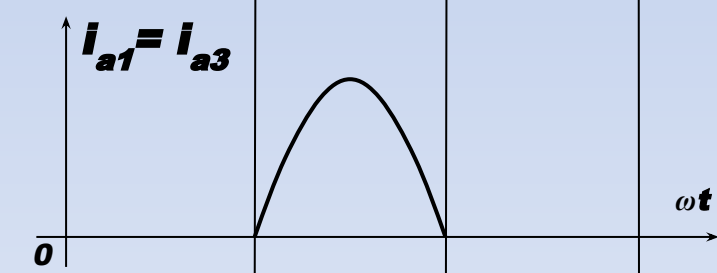
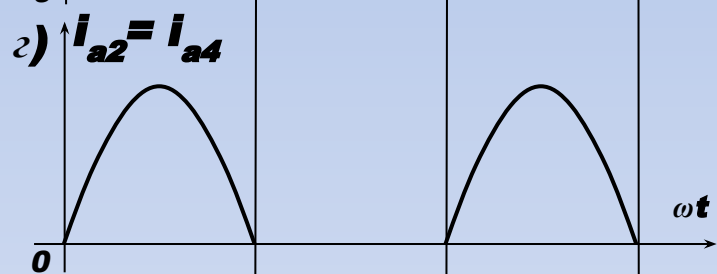
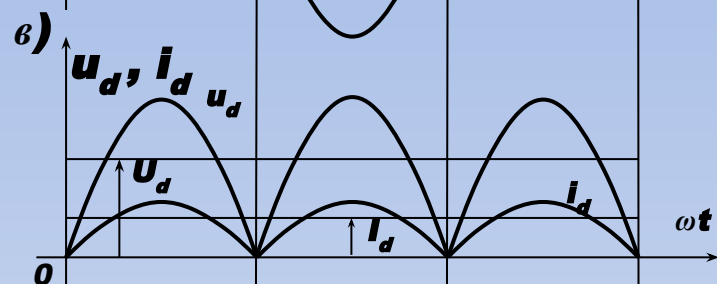
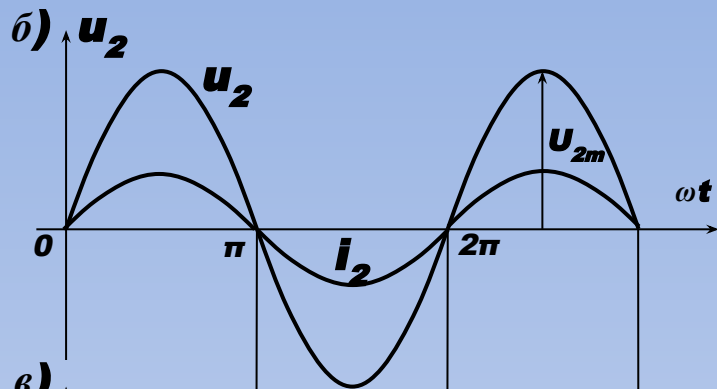
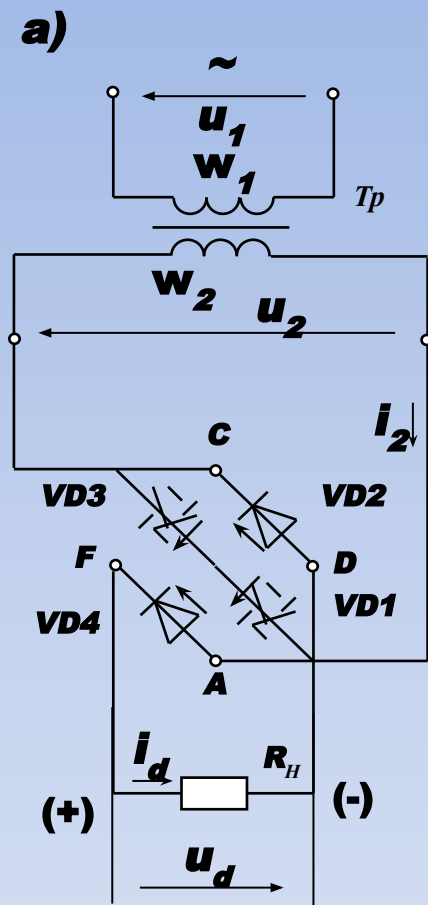
$$K_{\Pi} = 1,57;$$

3. Двухполупериодная система выпрямления однофазного тока

В этом случае применяется схема соединения четырех диодов, называемая «мостовой».

«Мост» имеет две диагонали:

- В одну диагональ моста «АС» подается переменное синусоидальное напряжение;
- со второй диагонали моста «FD» снимается выпрямленное напряжение.



При положительной полуволне открыты диоды VD2-VD4
При отрицательной полуволне открыты диоды VD1-VD3

В двухполупериодной схеме выпрямления величина среднего значения выпрямленного тока в 2 раза выше по сравнению с однополупериодной схемой.

$$I_d = 2 \frac{I_m}{\pi} = \frac{I_m}{1,57} = \frac{I \cdot \sqrt{2}}{1,57};$$

Действующее значение тока на выходе трансформатора

$$I = 1,11 \cdot I_d;$$

Действующее значение напряжения на выходе трансформатора

$$U = 1,11 \cdot U_d;$$

Максимальное значение обратного напряжения на диодах мостовой схемы в два раза меньше, чем в однополупериодной схеме

$$U_{\text{обр}} = 1,57 \cdot U_d;$$

Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения в 2,5 раза меньше

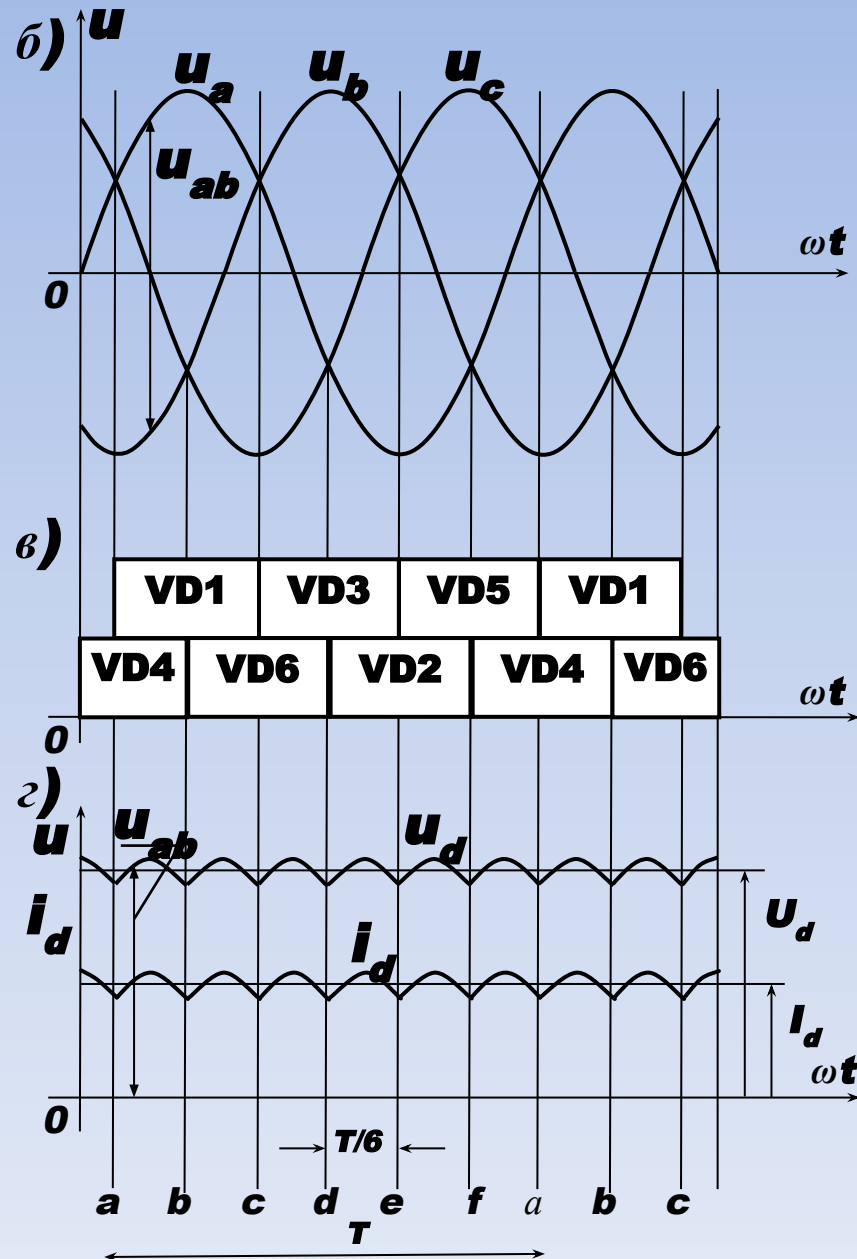
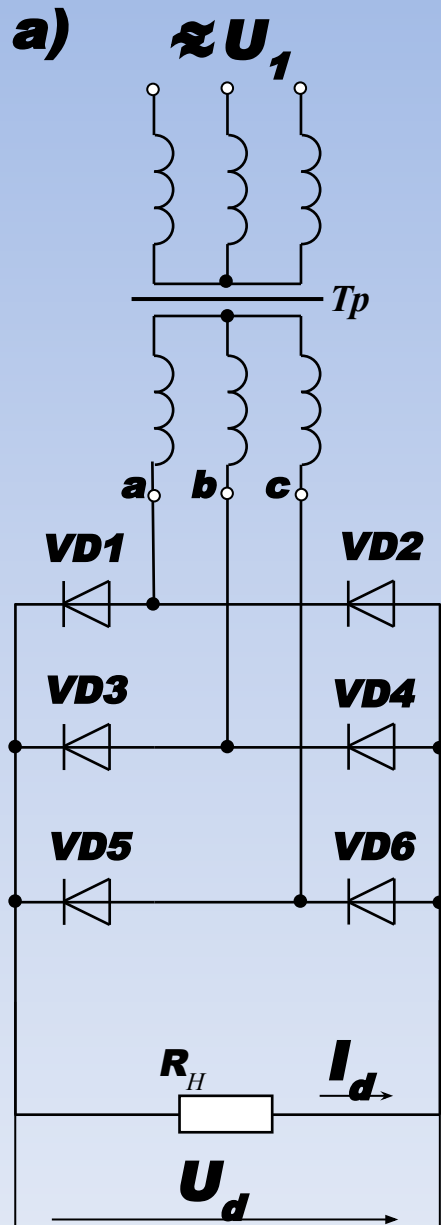
$$K_{\Pi} = 0,67;$$

4. Мостовая схема выпрямления трехфазного тока

В этом случае к выпрямителю прикладывается трехфазное синусоидальное напряжение. В схеме используются 6 диодов.

Выпрямленное напряжение мостовой схемы выпрямления трехфазного тока обеспечивает очень малые пульсации.

Мостовая схема выпрямления трехфазного тока



В данном случае положительный зажим выпрямителя соединяется с общей точкой катодов диодов VD1, VD3, VD5,
а отрицательный – с общей точкой анодов диодов VD2, VD4, VD6

В каждый момент времени открыты 2 диода (это устанавливается путем анализа временной диаграммы).

Причем каждые $1/6$ периода один из двух работающих диодов заменяется другим.

Через каждый диод ток протекает в течении $1/3$ периода

Действующее значение тока на выходе трансформатора

$$I = 0,82 \cdot I_d;$$

Действующее значение напряжения на выходе трансформатора

$$U = 0,43 \cdot U_d;$$

Максимальное значение обратного напряжения на диодах мостовой схемы практически равно выпрямленному напряжению

$$U_{\text{обр}} = 1,047 \cdot U_d;$$

Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения близок к нулевому значению (практически постоянный ток)

$$K_{\Pi} = 0,057;$$

5. Понятие о сглаживающих фильтрах (СФ)

Для уменьшения коэффициента пульсаций применяются сглаживающие фильтры (СФ).

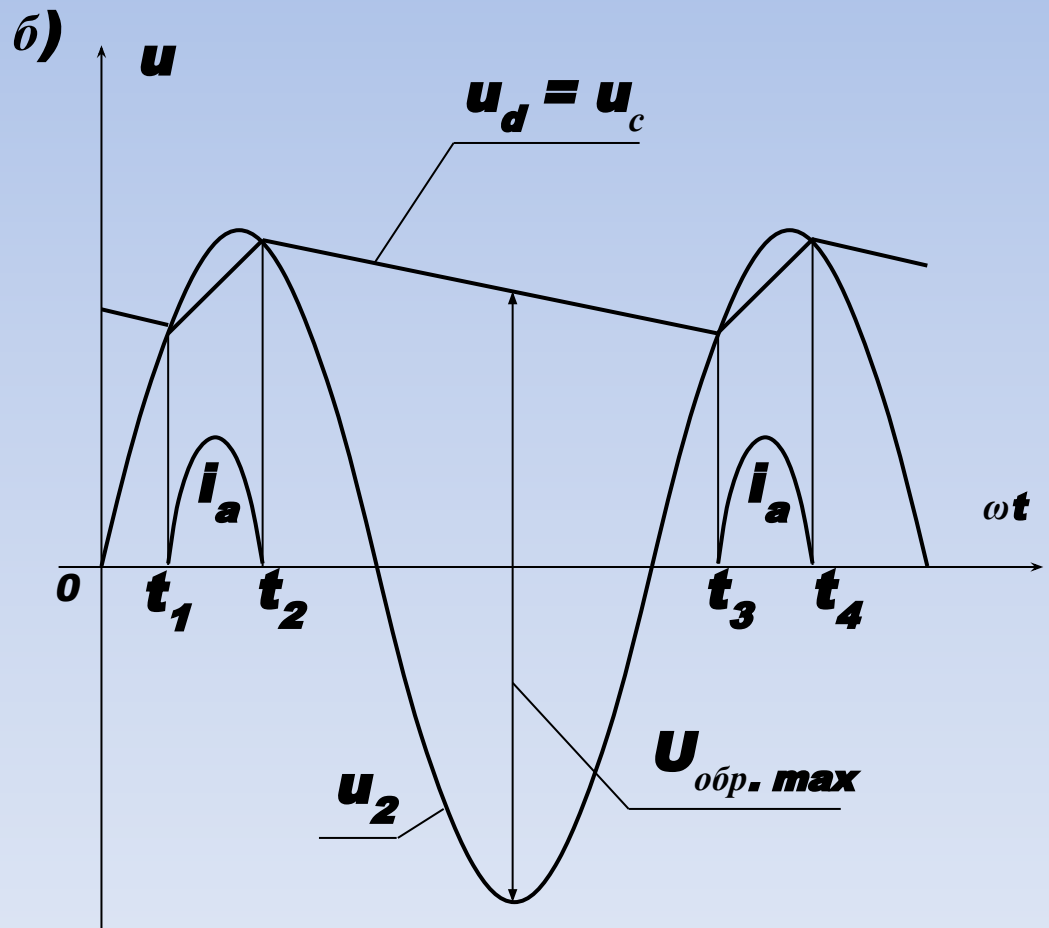
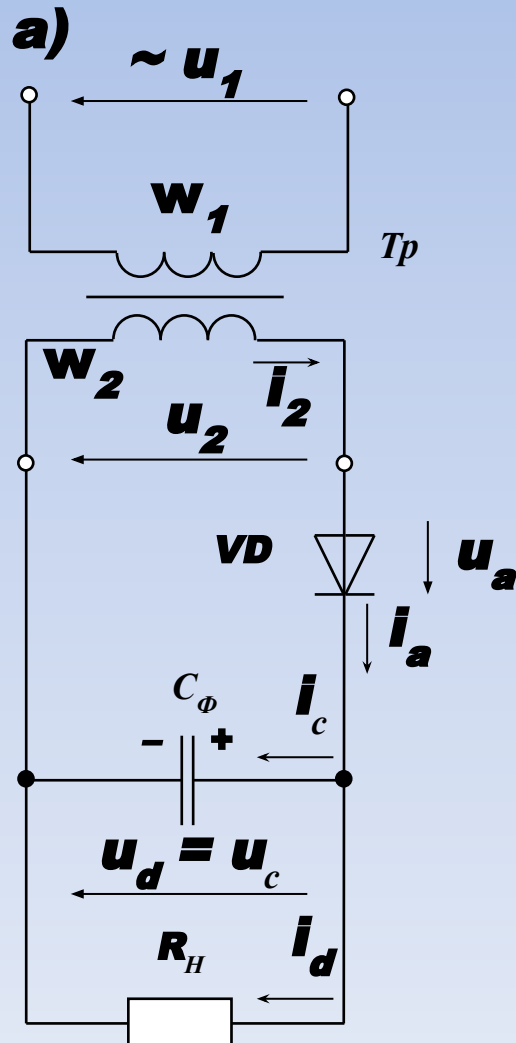
В общем случае СФ представляет собой различные комбинации из индуктивностей и емкостей.

Каждый СФ характеризуется коэффициентом сглаживания

$$K_c = \frac{K_{\text{П.ВХ}}}{K_{\text{П.ВЫХ}}}; \quad K_c = 10 \times 10^4$$

Простейшим сглаживающим фильтром является конденсатор, подключенный параллельно нагрузке.

Рассмотрим работу такого фильтра на примере схемы однофазного однополупериодного выпрямления



Когда диод открыт, ток проходит через нагрузку, при этом конденсатор заряжается.

Когда через диод ток не проходит, энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора постепенно расходуется на поддержание тока в цепи нагрузки.

Среднее значение коэффициента сглаживания такого СФ

$$K_C = 10,$$

Тогда коэффициент пульсаций на выходе СФ равен

$$K_C = \frac{K_{П.вх}}{K_{П.вых}}; \quad 10 = \frac{1,57}{K_{П.вых}}; \quad K_{П.вых} = 0,157.$$

