

Выпрямители

Выполнили студенты 2 курса
ХЕБО-10-15

Карнавская Анастасия

Мельникова Мария

Федорченко Анна

Завадка Илья

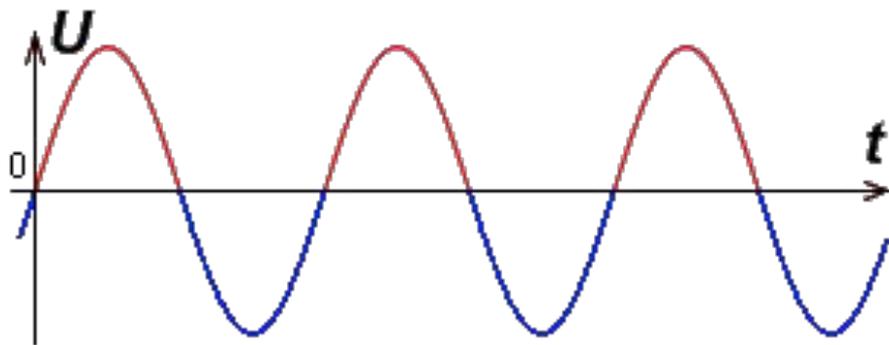
Шкинев Петр

Локтев Глеб

Выпрямитель электрического тока – электронная схема, предназначенная для преобразования переменного электрического тока в постоянный (однополярный) электрический ток.

Переменный электрический ток - это гармонический сигнал, меняющий свою амплитуду и полярность по синусоидальному закону.

В переменном электрическом токе можно условно выделить положительные и отрицательные полупериоды.



положительный (положительная красным цветом)	положительный полупериод – положительная полуволна
отрицательным (отрицательная синим цветом).	отрицательным полупериодам – отрицательная полуволна

Структурная схема и классификация выпрямителей

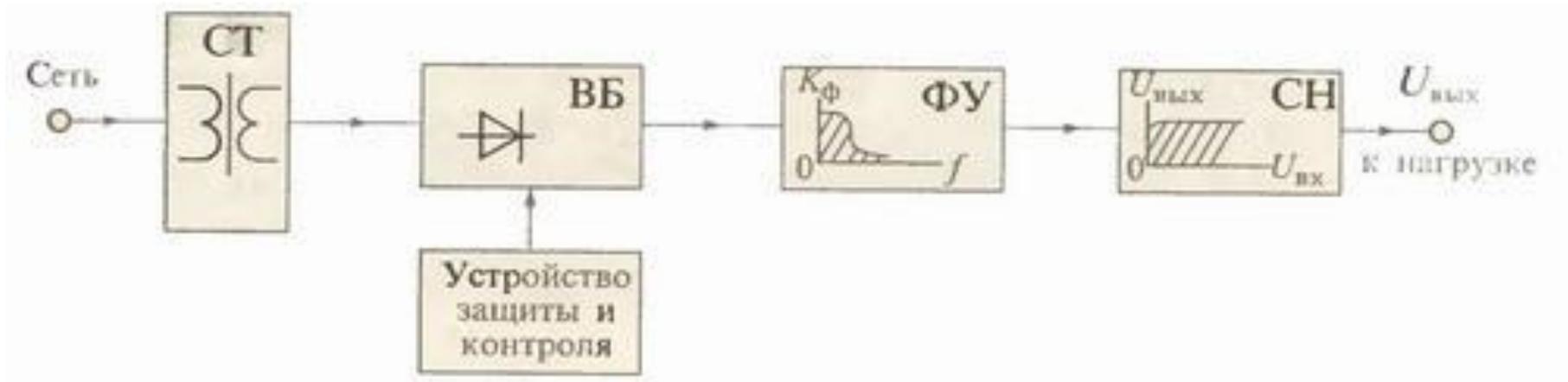
Выпрямитель можно представить в виде обобщенной структурной схемы и структурной схемы с протекающими в нем напряжениями и токами, в которую входят:

силовой трансформатор (СТ)

вентильный блок (ВБ)

фильтрующее устройство (ФУ)

цепь нагрузки (Н), в которую может входить стабилизатор напряжения (СН)



Силовой трансформатор служит для согласования входного и выходного напряжений выпрямителя. Возможны различные соединения обмоток трансформатора соответственно с различными схемами выпрямления. Напряжение вторичной обмотки трансформатора U_2 определяет значение выпрямленного напряжения U_n (или U_d).

Вентильный блок выпрямляет переменный ток, подключая вторичное напряжение соответствующей фазы трансформатора к цепи постоянного тока.

Фильтрующее устройство обеспечивает требуемый уровень пульсаций выпрямленного тока в цепи нагрузки. В качестве ФУ используются последовательно включаемые резистор или сглаживающий дроссель и параллельно включаемые конденсаторы.

Стабилизатор напряжения служит для уменьшения внешних воздействий, таких как: изменение напряжения питающей сети, изменение температуры, частоты и т.д.

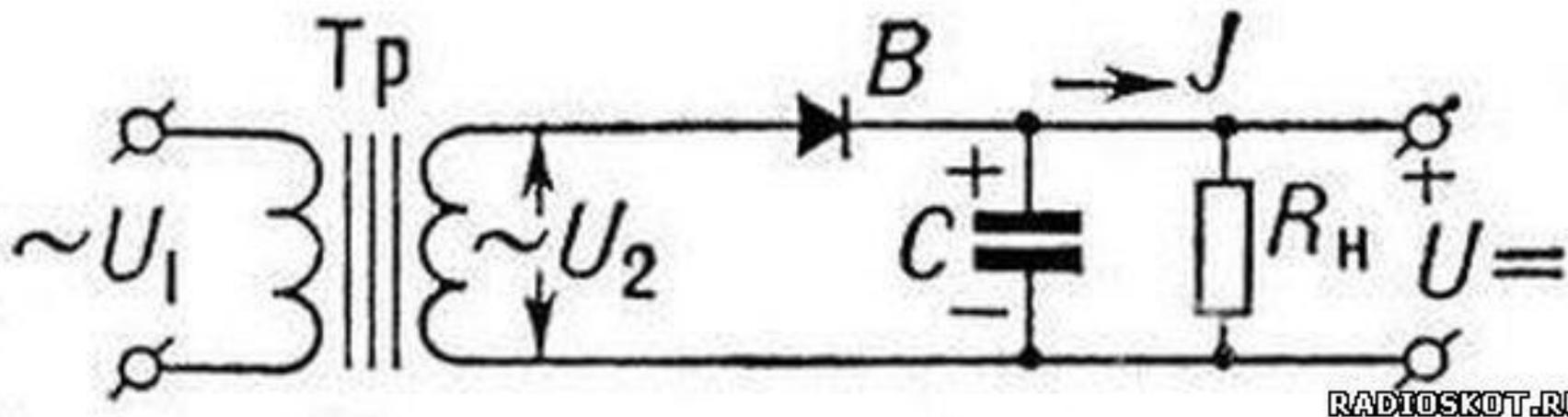
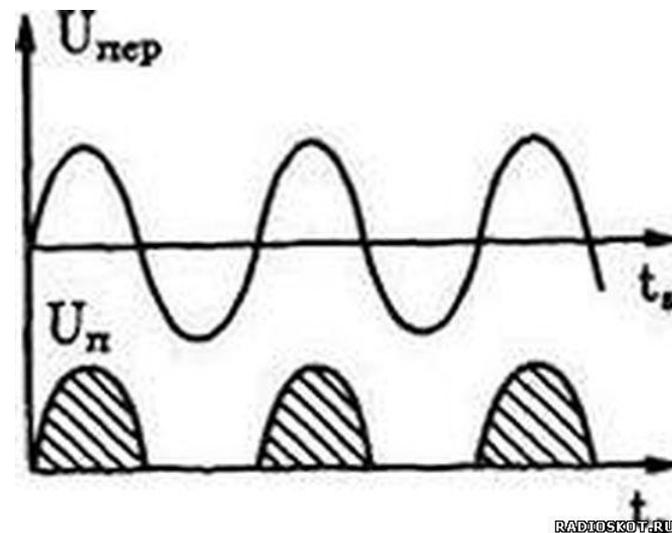
Классификация

Полупроводниковые выпрямители можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по выходной мощности (маломощные - до 600 Вт, средней мощности - до 100 кВт, и большой мощности - более 100 кВт);
- 2) по числу фаз источника (однофазные, многофазные);
- 3) по пульсности (p) выпрямителя, определяемой числом полупериодов протекания тока во вторичной обмотке трансформатора за полный период напряжения U_1 ;
- 4) по числу знакопостоянных импульсов в кривой выпрямленного напряжения U_2 за период питающего напряжения:
 - *однопериодные;*
 - *двухполупериодные;*
 - *m -полупериодные.*

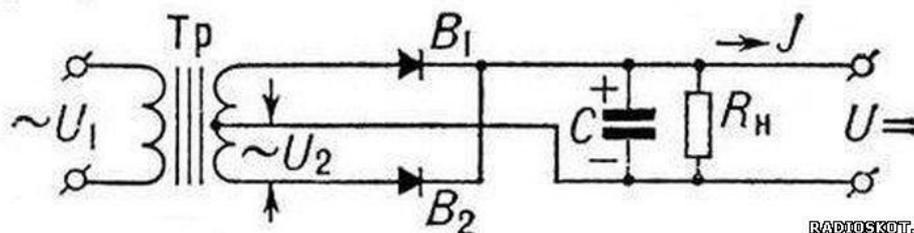
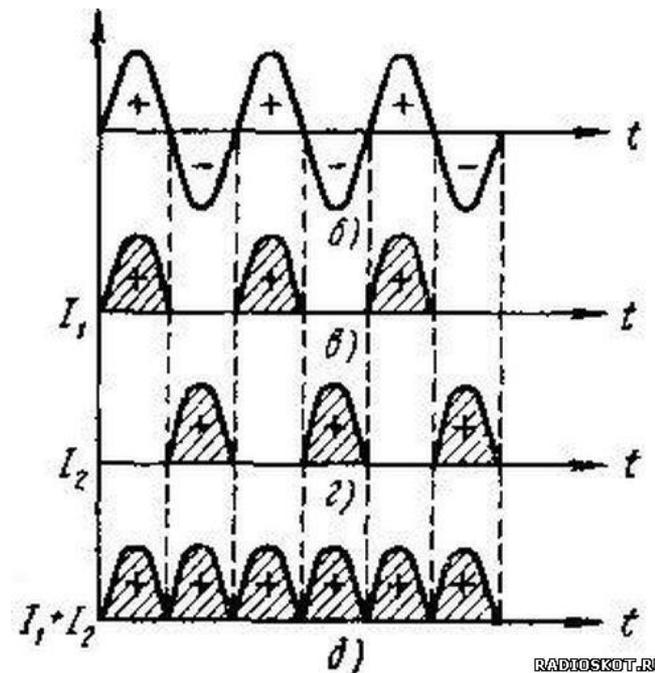
Однополупериодный выпрямитель

Этот выпрямитель работает только в течение положительного полупериода синусоиды. Это можно видеть на следующем графике:



Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой

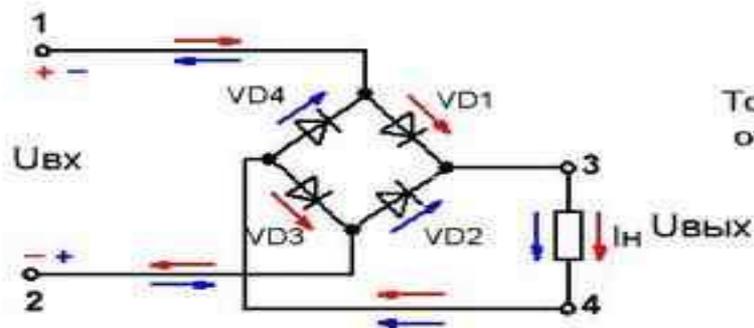
Для этой схемы необходим трансформатор, с двумя вторичными обмотками. Напряжение на диодах в два раза выше, чем при включении схемы с однополупериодным выпрямителем или при включении мостовой схемы. В этой схеме попеременно работают оба полупериода. В течении положительного полупериода работает одна часть схемы обозначенная B_1 , во время отрицательного полупериода работает вторая часть схемы обозначенная B_2 . Эта схема является менее экономичной, чем мостовая схема, в частности у неё более низкий коэффициент использования трансформатора. В этой схеме после диодов получается также пульсирующее напряжение, но частота пульсаций в два раза выше.



Двухполупериодный выпрямитель, мостовая схема

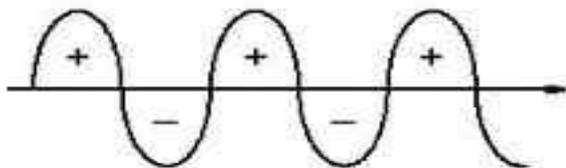
Самая распространенную схему. Ток на выходе с трансформатора переменный, а переменный ток в течение периода дважды меняет свое направление.

Мостовая схема выпрямления

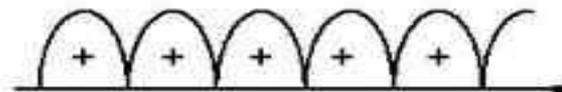


Ток всегда протекает в одном направлении - от клеммы 3 - к клемме 4.

Входное переменное напряжение

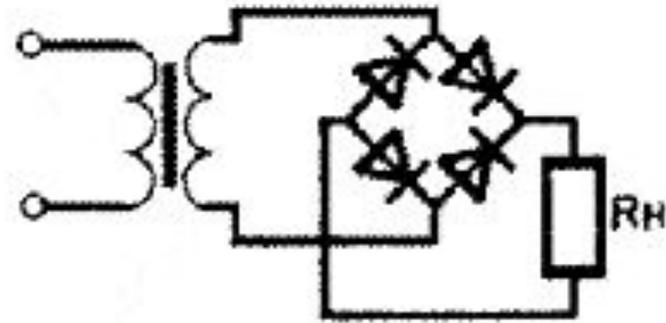


Выходное пульсирующее напряжение



Однофазный мостовой выпрямитель (схема Греча)

Состоит из трансформатора и четырех диодов, подключенных ко вторичной обмотке трансформатора. В каждый полупериод открыта пара диодов, расположенных в противоположных плечах моста.



Масса и стоимость трансформатора меньше чем с выводом от средней точки, мощность выпрямителя выше за счет более рационального использования трансформатора. Частота пульсаций, как и в предыдущей схеме, вдвое больше частоты сети.

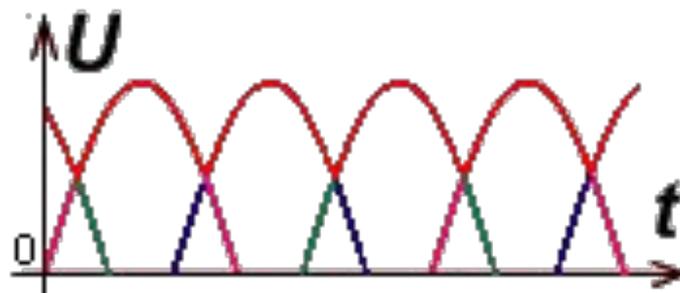
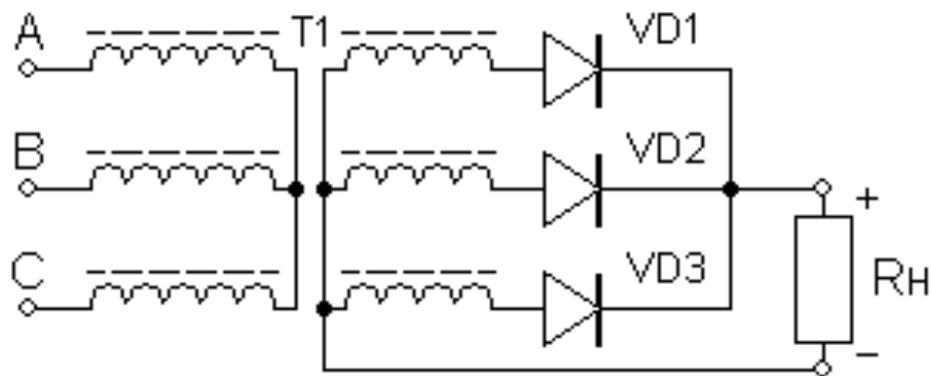
Трехфазные выпрямители

Схема выпрямителя трехфазного питания применяется в основном для питания потребителей средней и большой мощности.

Первичная обмотка трансформаторов таких выпрямителей состоит из трех фаз и соединяется либо в звезду, либо в треугольник. Вторичная обмотка трансформатора (их может быть несколько), также трехфазная. С помощью специальных схем соединения вторичной обмотки и всего выпрямителя, можно получить выпрямленное напряжение с числом пульсаций за период, кратным трем.

Выпрямители трехфазного питания равномерно нагружают сеть трехфазного тока, и отличаются высоким коэффициентом использования трансформатора.

Для трехфазного тока существуют специальные схемы выпрямителей. Первая, известная как схема Миткевича, имеет низкий коэффициент габаритной мощности трансформатора. Эта схема применяется при небольших мощностях нагрузки.



За счёт «перекрывания» фаз напряжения, выходное напряжение трёхфазного однополупериодного выпрямителя имеет меньшую глубину пульсации. Вторичные обмотки трансформатора могут быть использованы только по схеме подключения «звезда», с «нулевым» выводом от трансформатора.

Вторая схема, известная как Схема Ларионова, нашла широкое применение в электротехнике, так как имеет лучшие технико-экономические показатели по сравнению со схемой Миткевича.

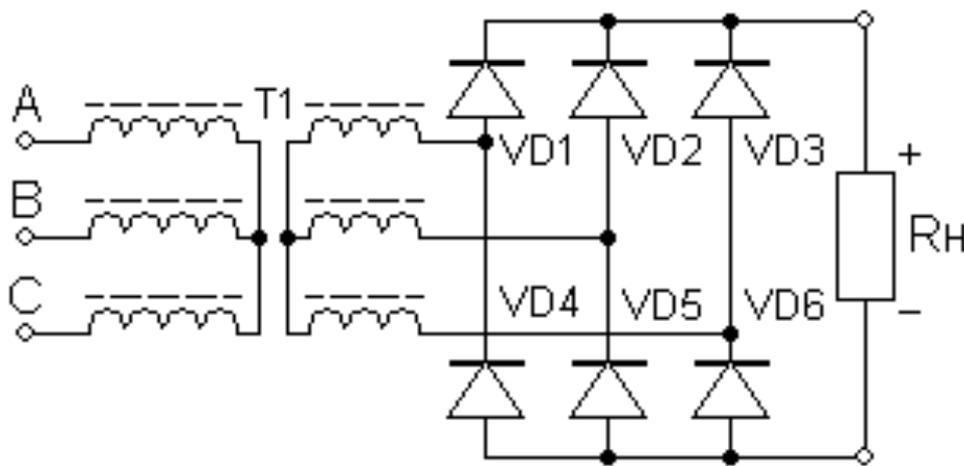
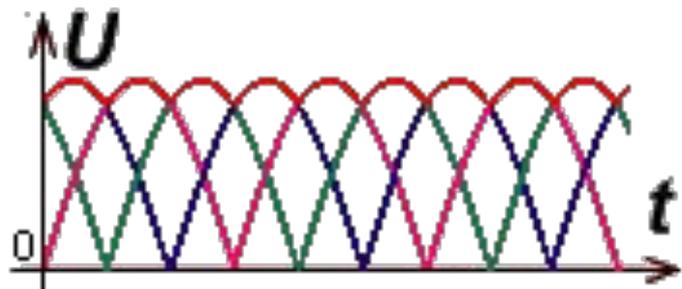


Схема Ларионова может использоваться как "звезда" и "треугольник". Вид подключения зависит от схемы подключения трансформатора, либо генератора, с выходом которого соединен этот выпрямитель.



Выходное напряжение (выделено красным цветом), имеет самую маленькую глубину пульсаций выходного напряжения по сравнению со всеми остальными схемами выпрямления.

Сглаживающий фильтр — устройство для сглаживания пульсаций после выпрямления переменного тока диодным мостом. Простейшим сглаживающим фильтром является электролитический конденсатор большой ёмкости, установленный на схеме параллельно нагрузке, соблюдая полярность конденсатора. Нередко параллельно электролитическому конденсатору устанавливается плёночный (или керамический) ёмкостью в доли или единицы микрофарада для устранения высокочастотных помех.

Основным параметром сглаживающих фильтров является коэффициент сглаживания, которым называется отношение коэффициента пульсации на входе к коэффициентам пульсации на выходе, то есть на нагрузке.

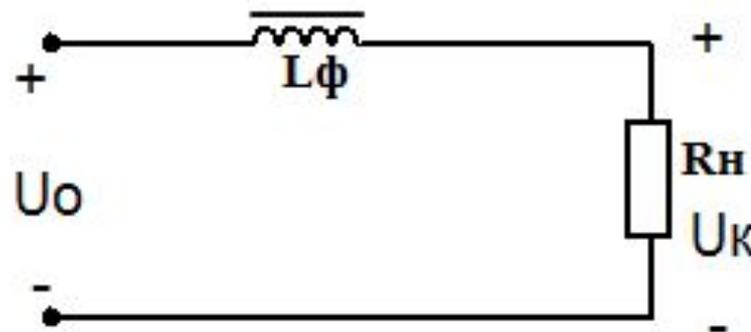
$$K_{\text{СГЛ}} = \frac{K_{\text{П ВХ}}}{K_{\text{П ВЫХ}}}$$

Индуктивный фильтр

Применяется в маломощных выпрямителях, но может входить в состав сложных многозвенных фильтров.

Параметры дросселя следует выбирать так, чтобы активное сопротивление обмотки $r_{др}$ было много меньше сопротивления нагрузки ($r_{др} \ll R_H$), а индуктивное сопротивление $X_{др} = 2\pi f_{п} L_{ф}$ на частоте пульсаций $f_{п}$ – много больше, чем R_H ($X_{др} \gg R_H$). В этом случае почти вся постоянная составляющая напряжения будет приложена к нагрузке, а переменная составляющая – к дросселю.

По заданному коэффициенту сглаживания q можно рассчитать необходимую **индуктивность сглаживающего фильтра**



$$q = 2\pi f_c m L_{\phi} / R_H$$

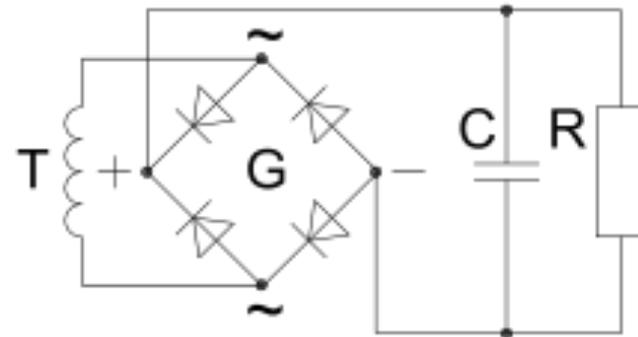
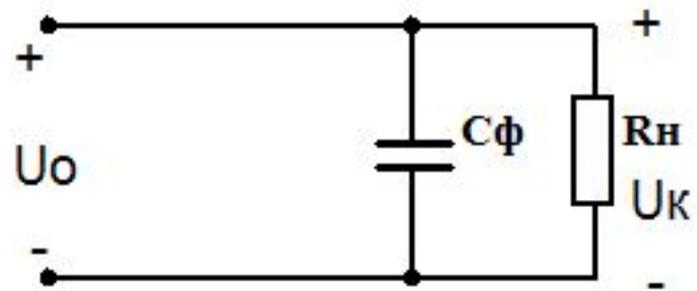
Емкостной сглаживающий фильтр

Состоит из конденсатора C_{ϕ} , подключённого параллельно сопротивлению нагрузки $R_{\text{н}}$. Принцип действия заключается в накоплении электрической энергии конденсатором фильтра и последующей отдаче этой энергии в нагрузку. Заряд и разряд конденсатора фильтра происходит с частотой пульсаций $f_{\text{п}}$ выпрямленного напряжения.

Разряд конденсатора C_{ϕ} определяется постоянной времени разрядки $\tau_{\text{разр}} = C_{\phi} R_{\text{н}}$. При $\tau > 10$ коэффициент сглаживания определяется по формуле

$$q = 2\pi f_c m C_{\phi} R_{\text{н}}$$

где f_c – частота сети, m – число полупериодов выпрямленного напряжения

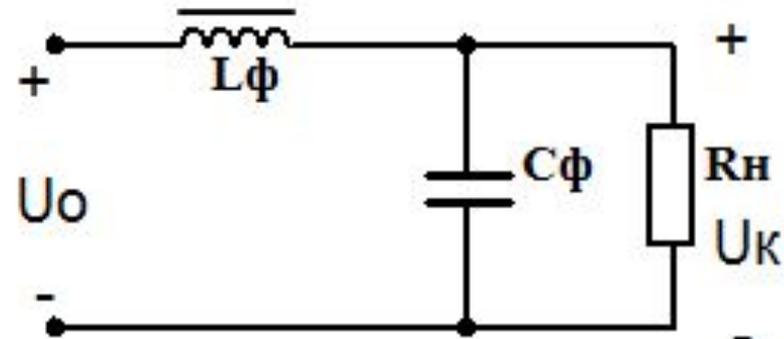
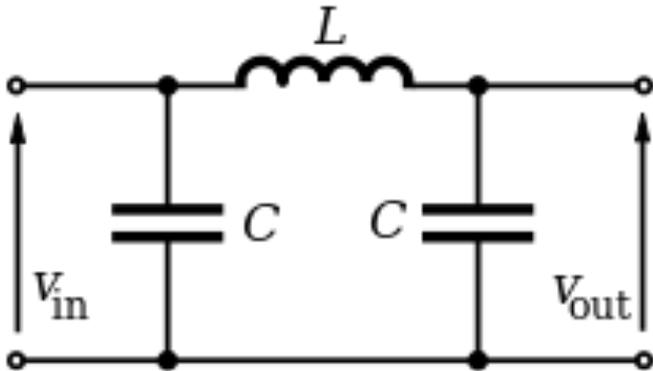


LC-фильтр

Наиболее широко используют Г-образный индуктивно-ёмкостной фильтр. Для сглаживания пульсаций таким фильтром необходимо, чтобы ёмкостное сопротивление конденсатора для низшей частоты пульсации было много меньше сопротивления нагрузки, а также много меньше индуктивного сопротивления дросселя для первой гармонической.

$$q = \frac{\operatorname{Re} Z_2}{\operatorname{Re} Z_1 + \operatorname{Re} Z_2} \cdot \left(1 + \frac{Z_1}{Z_2} \right) = \frac{R_H}{R_H + R_\Phi} \cdot \left(1 + \frac{j \cdot \omega_\Pi \cdot L_\Phi \cdot \frac{1}{jC\omega_\Pi \cdot \Phi}}{j \cdot \omega_\Pi \cdot L_\Phi + \frac{1}{jC\omega_\Pi \cdot \Phi}} \right) \approx$$

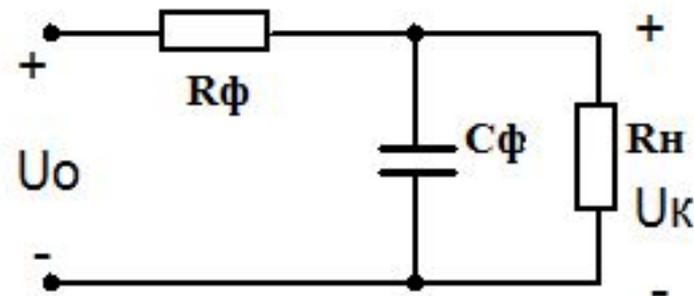
$$\approx \eta \cdot (\omega_\Pi^2 \cdot L_\Phi \cdot C_\Phi - 1) = \eta p (\omega_c)^2 \cdot \tau^2,$$



RC фильтр

В схемах выпрямления малой мощности дроссель фильтра может быть заменён резистором R_{ϕ} . Такие типы фильтров называют **RC фильтрами**

Преимущества резистивно-емкостных фильтров: малые габариты, масса и стоимость; недостаток – низкий КПД.



$$q \approx \eta \cdot R_{\Sigma} \cdot p \cdot \omega_c \cdot \tau,$$

