



# ІІТМО

## Вторичные источники питания

Николаев Николай Анатольевич

2023

# Структура занятия

ІТМО



# Вторичные источники питания

Источники питания делятся на два класса: **первичные** и **вторичные**.

**Первичным** считается источник питания, в котором электрическая энергия получается в результате химической реакции (например, гальванические батареи), поглощения световой (солнечные батареи) или тепловой (термоэлементы) энергии и т.д.

Если же в источнике электрический ток одного рода преобразуется в электрический ток другого рода, то такой источник питания называется **вторичным**. Чаще всего во вторичных источниках питания происходит преобразование переменного тока в постоянный, а точнее в пульсирующий.

Иногда требуется преобразовать одно значение постоянного напряжения в другое значение. Для этой операции также используются вторичные источники питания.

Однако **обычный делитель** напряжения или трансформатор **нельзя считать вторичным источником питания**, т.к. в этих устройствах происходит простое «масштабирование» без промежуточных преобразований.

В подавляющем большинстве случаев для вторичных источников питания источником энергии служит сеть переменного тока 50 Гц (в бортовых и некоторых других системах – сеть с частотой 400 Гц).



# Виды токов

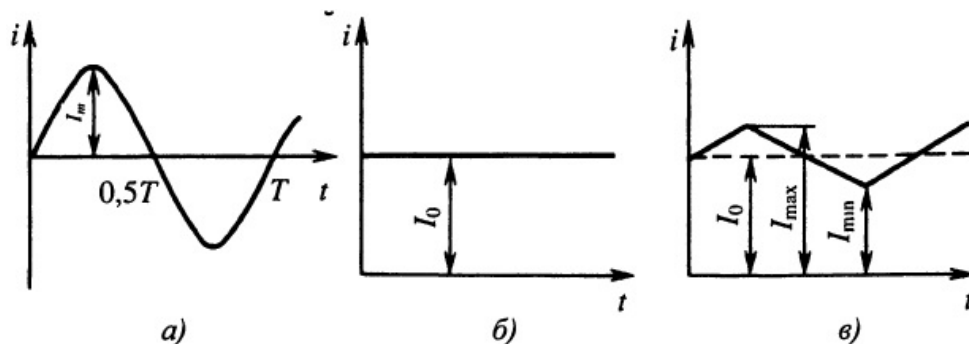
На рисунке показаны графики переменного, постоянного и пульсирующего тока соответственно.



По определению **переменным током** называется ток (рисунок а), изменяющийся во времени по значению и знаку.

**Постоянный ток** – это ток, не изменяющийся во времени (рисунок б).

**Пульсирующий ток** изменяет свое значение (рисунок в), но не меняет направление.



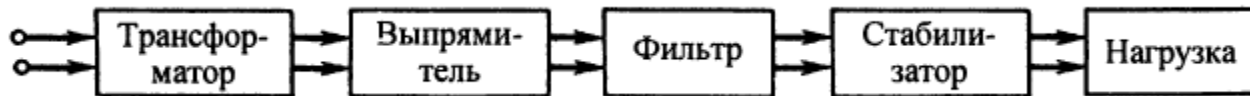
# Функциональная схема ВИП

Независимо от функции, конкретного назначения и требований, почти все вторичные источники питания строятся по функциональной схеме, приведенной на рисунке.



Главной функцией блока питания является преобразования переменного тока в постоянный. Блок питания может увеличивать или уменьшать величину входного переменного напряжения с помощью трансформатора.

Переменное напряжение требуемой величины преобразуется в постоянное напряжение с помощью процесса, который называется выпрямление. Выпрямленное напряжение еще содержит переменную составляющую, которая называется пульсацией. От пульсаций избавляются с помощью фильтра. Для обеспечения неизменной величины выходного напряжения используют стабилизатор напряжения. Он удерживает выходное напряжение на постоянном уровне.



## ***Классификационные признаки выпрямителей:***



- неуправляемые ( $U_n = const$ ) и управляемые ( $U_n = var$ );
- однополупериодные и двухполупериодные;
- однофазные и многофазные (чаще трехфазные);
- малой (до 1 кВт), средней (до 100 кВт) и большой (свыше 100 кВт) мощности;
- низкого (до 25 В), среднего (до 1000 В) и высокого (свыше 1000 В) напряжений.

# Основные электрические показатели ВИП ІТМО

К основным электрическим показателям, характеризующим источник вторичного питания как единое целое относятся:

- постоянное напряжение на выходе – выпрямленное напряжение (напряжение на нагрузке)  $E_0$ ;
- постоянная составляющая выходного тока – выпрямленный ток  $I_0$ ;
- коэффициент пульсаций  $K_p$  выходного напряжения (тока);
- выходное сопротивление для переменных токов  $R_{вых}$ .



Выпрямитель – это сердце блока питания. Его функция – преобразование входного переменного напряжения в постоянное напряжение. В блоках питания применяются три основные схемы выпрямителей: ***однополупериодная, двухполупериодная и мостовая.***



Основные параметры выпрямителя:

- среднее значение выпрямленного напряжения (тока) нагрузки;
- амплитуда основной гармоники выпрямленного напряжения;
- коэффициент пульсации выпрямленного напряжения;
- мощность трансформатора (в вольтамперах —  $V \cdot A$  или в киловольтамперах —  $kV \cdot A$ );
- прямой средний ток вентиля;
- среднее напряжение (меньше 2,5 В) на вентиле при токе  $I_{пр.ср}$ ;
- максимальные допустимые обратное напряжение и прямой ток вентиля.

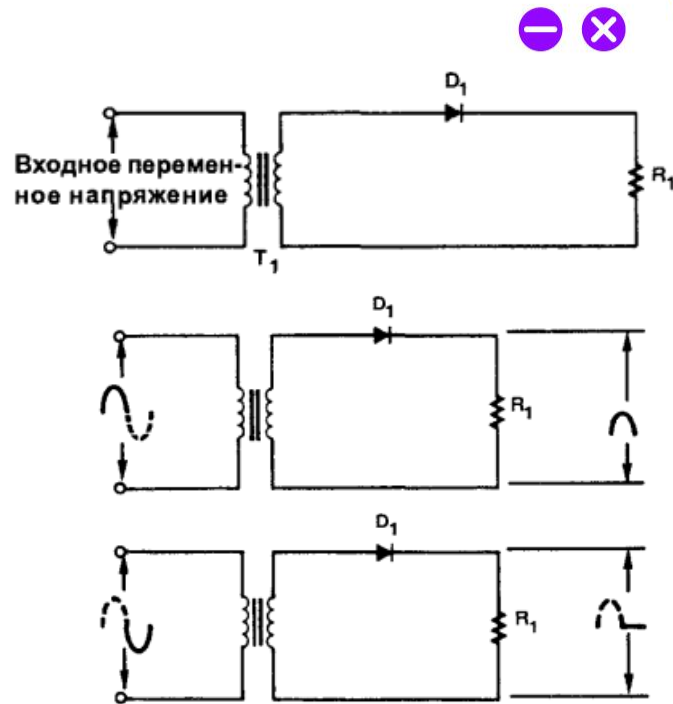


# Однополупериодный выпрямитель

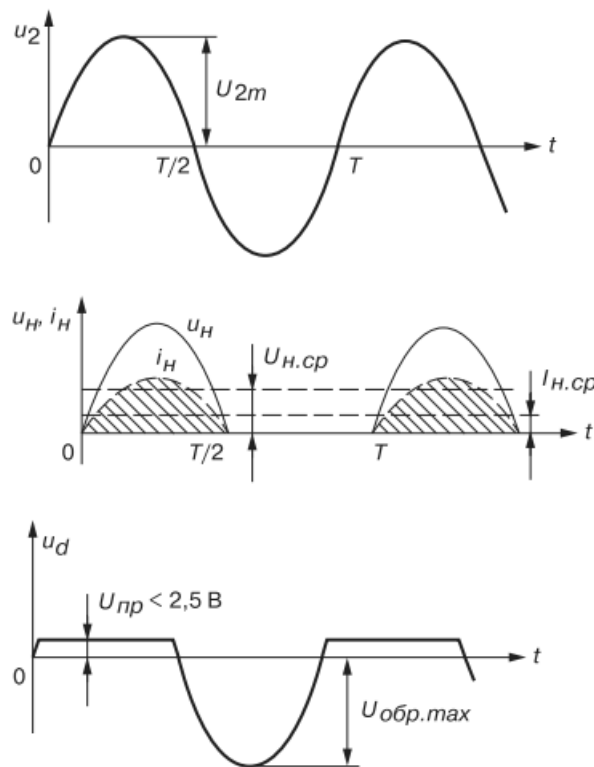
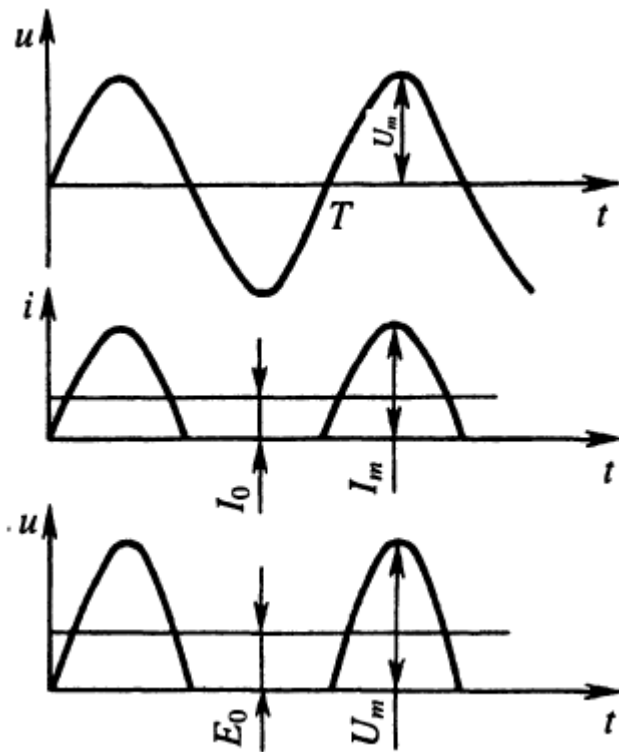
На верхнем рисунке изображена схема однополупериодного выпрямителя. Диод размещен последовательно с нагрузкой. Из-за наличия диода ток в цепи течет только в одном направлении.

На среднем рисунке показан результат работы однополупериодного выпрямителя в течение положительного полупериода синусоиды. Диод смещен в прямом направлении, что позволяет току течь через нагрузку. При этом в течение положительного полупериода на нагрузке выделяется мощность.

На нижнем показан результат работы однополупериодного выпрямителя в течение отрицательного полупериода синусоиды. Диод смещен в обратном направлении и ток не проводит. Так как через нагрузку не течет ток, то на ней нет и падения напряжения.



# Однополупериодный выпрямитель



# Однополупериодный выпрямитель

Рассчитаем среднее выпрямленное напряжение за период по формуле

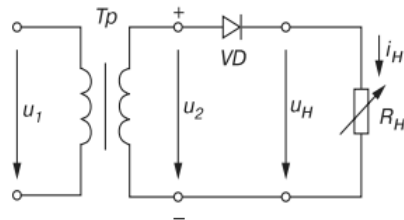
$$U_{н.ср} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_{2m} \sin \omega t d\omega t = -\frac{U_{2m}}{2\pi} \cos \omega t \Big|_0^{\pi} = \frac{U_{2m}}{\pi},$$

т. е.  $U_{н.ср} \approx \frac{U_{2m}}{\pi} \approx 0,318 U_{2m}$ ;  $I_{н.ср} = \frac{I_{2m}}{\pi} \approx 0,318 I_{2m}$  – среднее значение пульсующего тока.

Амплитуду  $U_{m.ог}$  основной гармоники выпрямленного напряжения  $u_H$  определим из его разложения в ряд Фурье:

$$u_H = \frac{U_{2m}}{\pi} + \frac{1}{2} U_{2m} \sin \omega t - \frac{2U_{2m}}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{2U_{2m}}{15\pi} \cos 4\omega t - \dots,$$

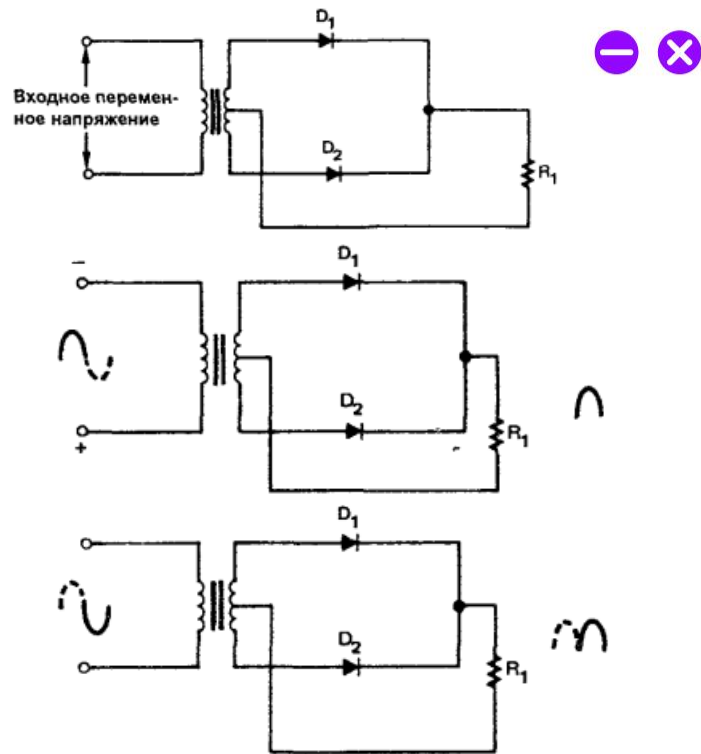
откуда  $U_{m.ог} = \frac{U_{2m}}{2}$ . Тогда коэффициент пульсации  $q_n = \frac{U_{m.ог}}{U_{н.ср}} = \frac{\pi}{2} \approx 1,57$ .



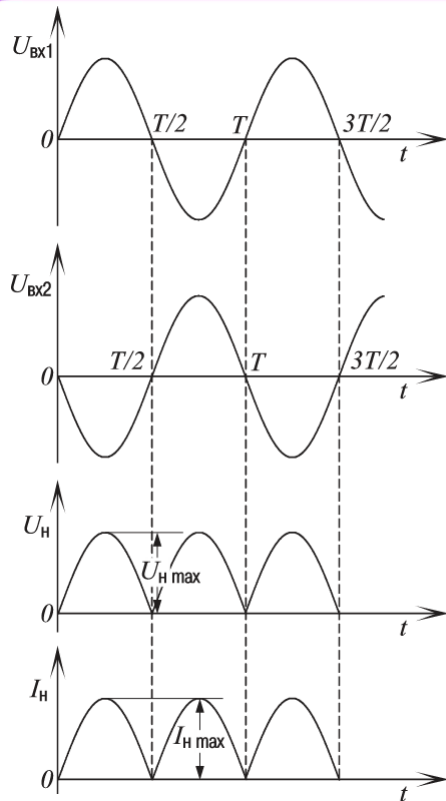
# Двухполупериодный выпрямитель

На верхнем рисунке изображена схема двухполупериодного выпрямителя. Для этой схемы требуется два диода и трансформатор с выводом от середины вторичной обмотки. Этот вывод от середины обмотки заземлен.

Напряжение на каждой вторичной обмотке трансформатора сдвинуто по фазе на 180 градусов друг относительно друга. На среднем рисунке изображена схема двухполупериодного выпрямителя в течение положительного полупериода. На нижнем рисунке изображена схема двухполупериодного выпрямителя в течение отрицательного полупериода.



# Однофазный двухполупериодный выпрямитель



Средние значения напряжения и тока:

$$U_{\text{нсп}} = \frac{2 \cdot U_{\text{вхmax}}}{\pi} = 2\sqrt{2} \cdot \frac{U_{\text{вхд}}}{\pi} = 0,637 \cdot U_{\text{вхmax}} ;$$

$$I_{\text{нсп}} = \frac{2 \cdot I_{\text{вхmax}}}{\pi} = 2\sqrt{2} \cdot \frac{I_{\text{вхд}}}{\pi} = 0,637 \cdot I_{\text{вхmax}} ,$$

где:

$U_{\text{вхmax}}$  и  $I_{\text{вхmax}}$  — максимальные амплитудные значения входного напряжения и тока выпрямителя (по одному из напряжений питания),

$U_{\text{вхд}}$  и  $I_{\text{вхд}}$  — действующие значения входного напряжения и тока выпрямителя .

Коэффициент пульсаций

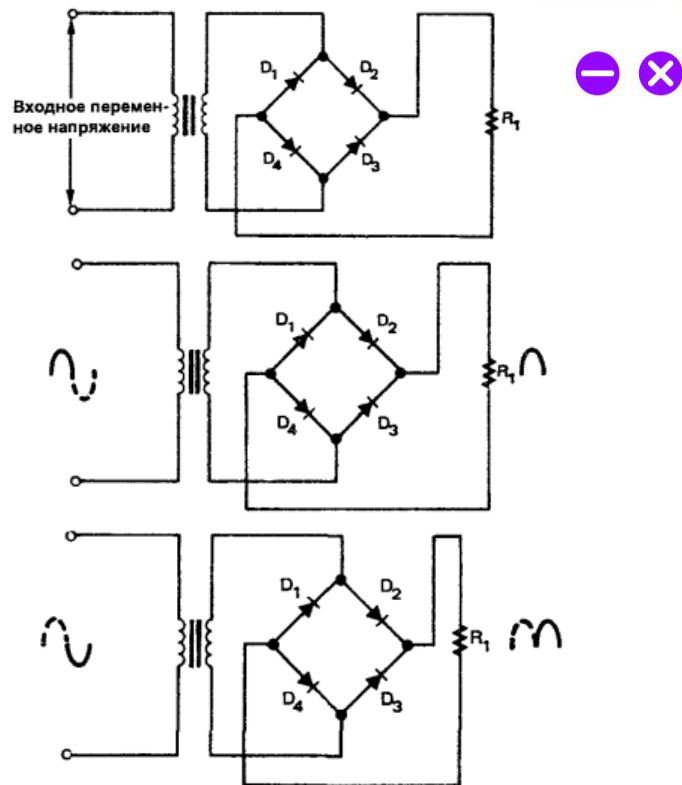
$$K_{\text{п}} = 0,67.$$

# Мостовой выпрямитель

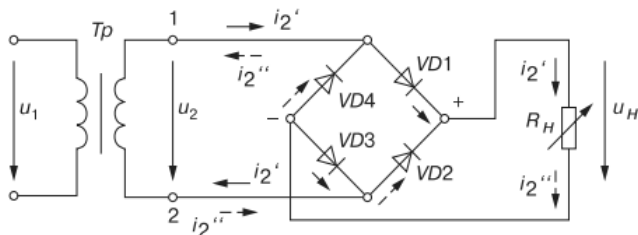
На верхнем рисунке изображена мостовая схема выпрямителя. Четыре диода включены таким образом, что ток через нагрузку течет только в одном направлении.

На среднем рисунке показано прохождение тока в течение положительного полупериода входного сигнала.

На нижнем рисунке показано прохождение тока в течение отрицательного полупериода входного сигнала.



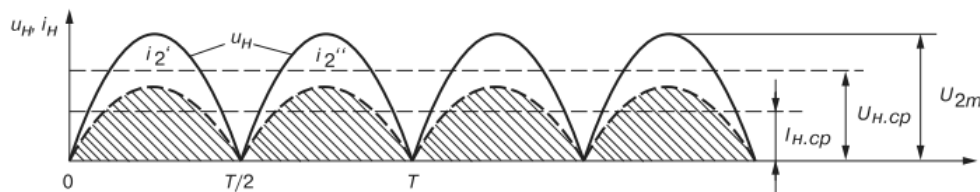
# Мостовой выпрямитель



Среднее значение  
выпрямленного напряжения:



$$U_{н.ср} = 2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_{2m} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} U_{2m} \approx 0,636 U_{2m}.$$



Среднее значение  
выпрямленного тока:

$$I_{н.ср} = \frac{2}{\pi} I_{2m} \approx 0,636 I_{2m}, \text{ где } I_{2m} = \frac{U_{2m}}{R_H}.$$

Амплитуда основной гармоники выпрямленного напряжения:

$$u_H = \frac{2U_m}{\pi} - \frac{4U_{2m}}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{4U_{2m}}{15\pi} \cos 4\omega t - \frac{4U_{2m}}{35\pi} \cos 6\omega t - \dots, \quad \text{откуда } U_{m.ог} = \frac{4}{3\pi} U_{2m}.$$

Тогда коэффициент пульсации  $q_n = \frac{U_{m.ог}}{U_{н.ср}} = \frac{(4/3\pi)U_{2m}}{(2/\pi)U_{2m}} = \frac{2}{3} \approx 0,667.$

# Различия выпрямителей

Преимуществом однополупериодного выпрямителя является его простота и низкая стоимость. Для него требуется один диод и трансформатор. Он не очень эффективен, так как использует только половину входного сигнала. Кроме того, его применение ограничено цепями с малыми токами.



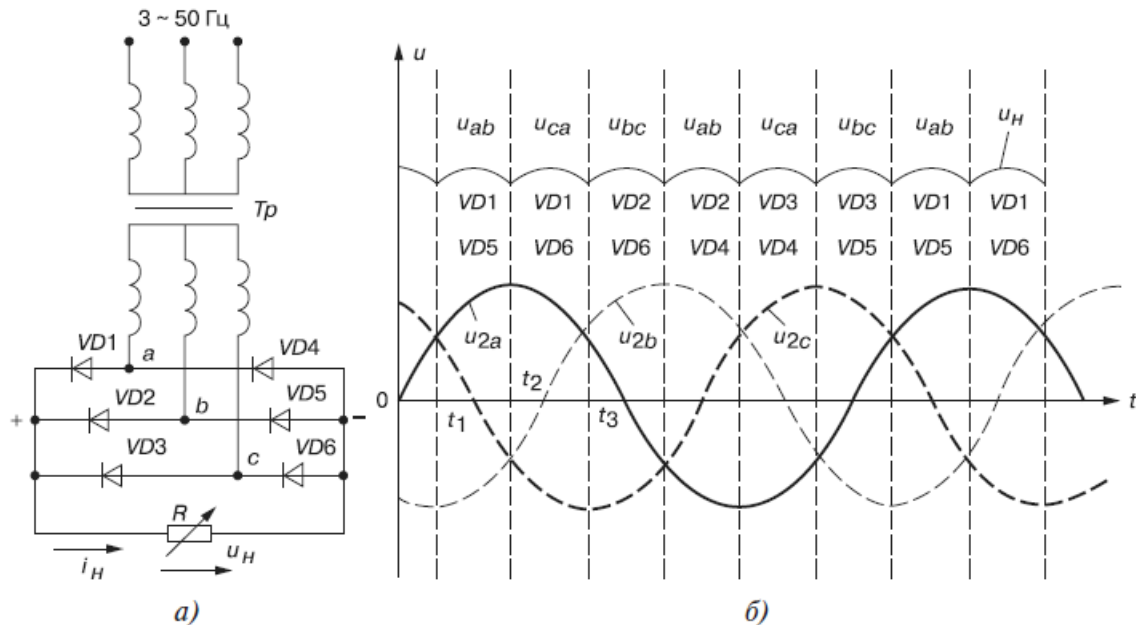
Двухполупериодный выпрямитель более эффективен, чем однополупериодный. Он работает в течение обоих полупериодов синусоиды. Более высокая частота пульсаций двухполупериодного выпрямителя облегчает фильтрацию. Недостатком его является то, что для него требуется трансформатор с отводом от середины вторичной обмотки. Его выходное напряжение ниже, чем у однополупериодного выпрямителя при использовании такого же трансформатора, так как в течение каждого полупериода работает только половина вторичной обмотки.

Мостовой выпрямитель может работать без трансформатора. Однако трансформатор бывает необходим для повышения или понижения напряжения. Выходное напряжение у него выше, чем у однополупериодного или двухполупериодного выпрямителей. Недостатком является то, что для него требуется четыре диода. Однако диоды дешевле трансформатора с выводом от середины вторичной обмотки.



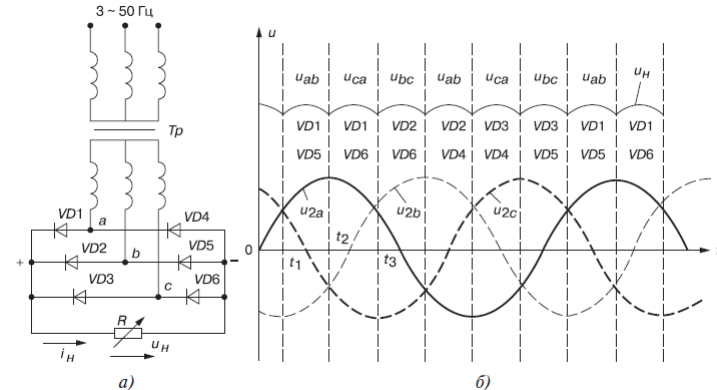
# Трёхфазный выпрямитель

Для выпрямления трёхфазного тока обычно применяют мостовую схему (схему Ларионова), которая состоит из трёхфазного трансформатора  $Tr$ , шести вентилей и нагрузки  $R_H$  (рисунок а).



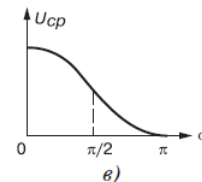
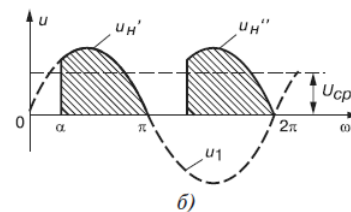
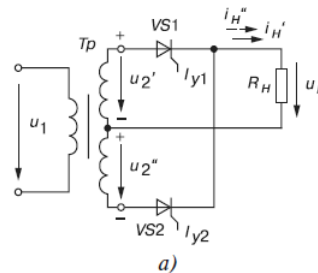
# Трехфазный выпрямитель

В рассматриваемой схеме в каждый момент времени открыты два вентиля: один из катодной группы, другой из анодной группы. В катодной группе ток протекает через вентиль, на аноде которого положительный потенциал в данный момент времени является наибольшим, а в анодной группе ток протекает через вентиль, на катоде которого в данный момент наибольший отрицательный потенциал. Так, в интервал времени от  $t_1$  до  $t_2$  ток протекает через вентили VD1 и VD5, в интервале от  $t_2$  до  $t_3$  через вентили VD1 и VD6 и т. д. (рисунок б).



# Управляемый выпрямитель

На рисунке а приведена схема однофазного управляемого выпрямителя с выводом нулевой точки трансформатора. В качестве вентилей в выпрямителе использованы тиристоры VS1 и VS2. При указанной на рисунке а полярности вторичного напряжения  $u_2$  трансформатора Тр тиристор VS1 может пропускать ток  $i_{H'}$  при условии, что на его управляющий электрод поступит сигнал управления  $i_{y1}$ . Этот сигнал подают со сдвигом по фазе по отношению к моменту естественного отпирания на угол, называемый углом управления (рисунок б). Уменьшение среднего напряжения  $U_{cp}$  при увеличении угла  $\alpha$  показано на рисунке в. Зависимость  $U_{cp}(\alpha)$  называют регулировочной характеристикой выпрямителя.



Требования к уровню пульсации напряжения, питающего электронную аппаратуру, очень высокие: так, допустимый коэффициент пульсации  $q_n$  для питания двухтактных усилителей напряжения не должен превышать 1-2%, одноктактных усилителей 0,1-0,5%, а усилителей промежуточной частоты — 0,01-0,05%.

*Сглаживающие фильтры* предназначены для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения на нагрузке до значений, при которых не сказывается их отрицательное влияние на работу электронной аппаратуры. Они должны пропускать постоянную составляющую выпрямленного напряжения и заметно ослаблять его гармонические составляющие.

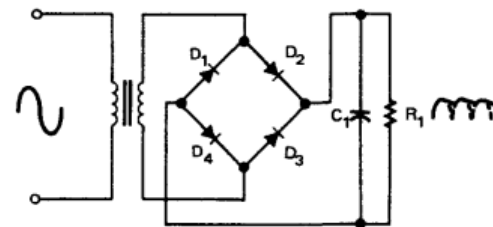
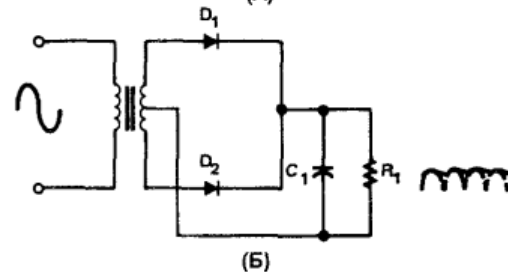
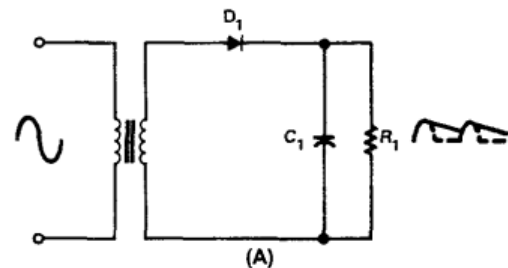
Действие фильтра по уменьшению пульсации напряжения (тока) на нагрузке характеризуется *коэффициентом сглаживания*  $k_c$ , представляющим собой отношение коэффициента пульсации на выходе выпрямителя  $q_{n1}$  (до фильтра) к коэффициенту пульсации на нагрузке  $q_{n2}$  (после фильтра), т. е.

$$k_c = q_{n1} / q_{n2}$$



# Емкостной фильтр

На рисунке а изображена схема однополупериодного выпрямителя с фильтрующим конденсатором. А на рисунке б изображена схема двухполупериодного выпрямителя с фильтрующим конденсатором. На нижнем рисунке изображена схема мостового выпрямителя с фильтрующим конденсатором.



# Емкостной фильтр

Емкостной фильтр включают параллельно нагрузке  $R_H$ , что исключает прохождение через нагрузку высокочастотных гармонических составляющих тока.

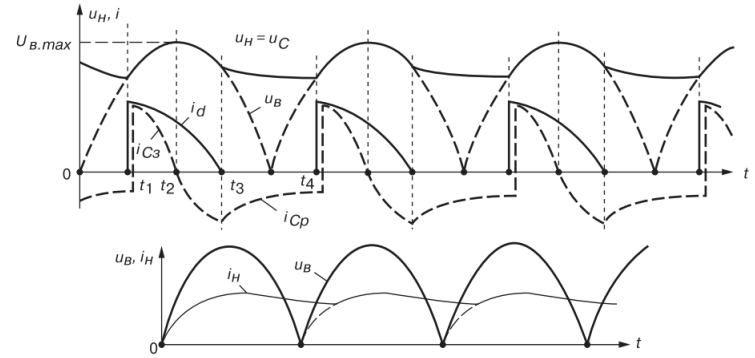
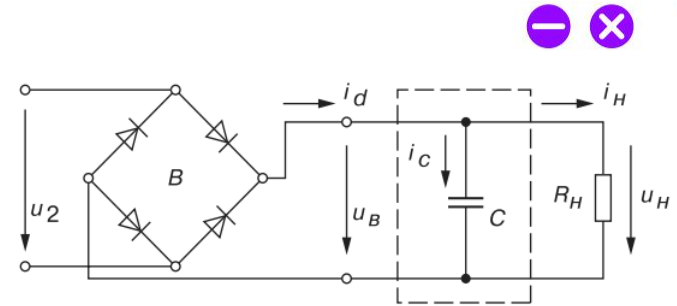
При частоте основной гармоники выпрямительного напряжения  $u_B$  сопротивление конденсатора  $C$  фильтра должно быть  $X_C = 1/n\omega C \ll R_H$  сопротивления нагрузки, т. е.

$n$  — номер основной гармоники напряжения.

Коэффициент сглаживания

$$k_c = R_H / X_C = n\omega C R_H.$$

Из выражения коэффициента сглаживания  $k_c$  видно, что  $C$  фильтр целесообразно использовать при относительно высокоомной нагрузке  $R_H$ .



# Одноэлементный L-фильтр

Одноэлементный L-фильтр включают последовательно с нагрузкой  $R_H$ . При нарастании выпрямленного напряжения и тока нагрузки  $i_H$  магнитная энергия запасается в индуктивном элементе  $L$  (дресселе). При снижении напряжения  $u_B$  ток в нагрузке поддерживается за счет накопленной энергии в дросселе.

При частоте основной гармоники выпрямленного напряжения сопротивление дросселя  $L$  фильтра должно быть значительно больше сопротивления нагрузки  $R_H$ , т.е.

$$X_L = n\omega L \gg R_H.$$

Коэффициент сглаживания  $L$  фильтра

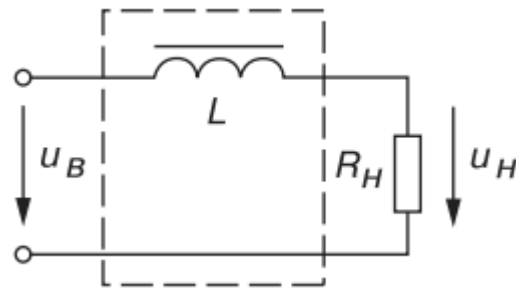
$$k_c = X_L / R_H.$$

Из этого выражения следует, что в мощных выпрямителях (когда сопротивление  $R_H$  мало)

$L$  фильтр действует наиболее эффективно.

Требуемая индуктивность дросселя при заданном  $k_c$ :

$$L \geq k_c R_H / (n\omega)$$



# LC- фильтр

В LC-фильтре конденсатор шунтирует нагрузку по переменной составляющей

$$(X_C = 1/(n\omega C); X_C \ll R_H)$$

а сопротивление дросселя  $X_L$  должно быть значительно больше сопротивления  $Z_{пар}$  параллельно соединенных элементов  $R_H$  и  $X_C$ .

Приняв

$$|Z_{пар}| \approx X_C \text{ и } k_c = X_L / X_C = (n\omega)^2 LC$$

по известному коэффициенту  $k_c$  находят произведение  $LC$ , а по заданной ёмкости  $C$  — индуктивность фильтра

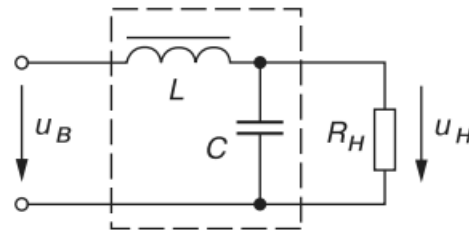
$$L = k_c / (n\omega)^2 C.$$

Во избежание резонанса (при  $X_L = X_C$ ) должно

выполняться условие

$$\omega_{\phi} = 1/\sqrt{LC} = 0,5n\omega.$$

Если при расчёте LC фильтра получают слишком большие значения индуктивности ( $L > 100$  Гн) дросселя и ёмкости ( $C > 150$  мкФ) конденсатора, то применяют двухзвенный фильтр: одноэлементное C1 звено и Г-образное RC звено, у которого  $k_c = k_{c1} \cdot k_{c2}$ , где  $k_{c1}$  и  $k_{c2}$  — соответственно коэффициенты сглаживания.





# RC-фильтр

Активное сопротивление  $R$  и ёмкость  $C$  RC фильтра:

$$R = (0,15 \dots 0,25) R_H; \quad k_c = \frac{n\omega R C R_H}{R + R_H}; \quad C = \frac{k_c (R + R_H)}{n\omega R R_H}.$$

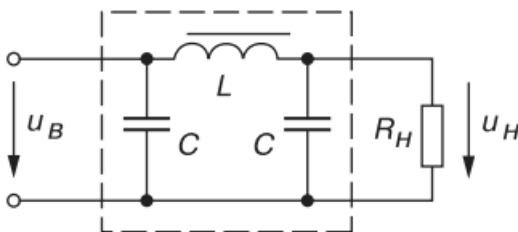
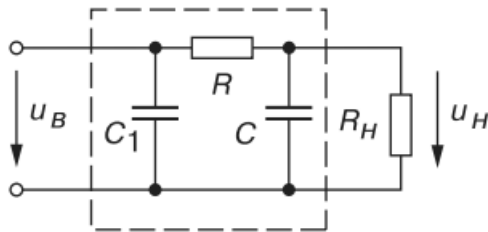
Для улучшения сглаживания выходного напряжения после  $C$  фильтра включают дополнительно  $\Gamma$ -образное LC звено.

Получившийся  $\Pi$ -образный CLC фильтр рассчитывают как двухзвенный:

$$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2}; \quad LC_2 \approx k_{c2} / (n\omega)^2.$$

Из последнего равенства находят  $L$ , задаваясь  $C_2$ . Ёмкость  $C_1 \approx k_{c1} / (n\omega R_H)$

Или выбирают равной  $C_2$ .



# Типы регуляторов напряжения

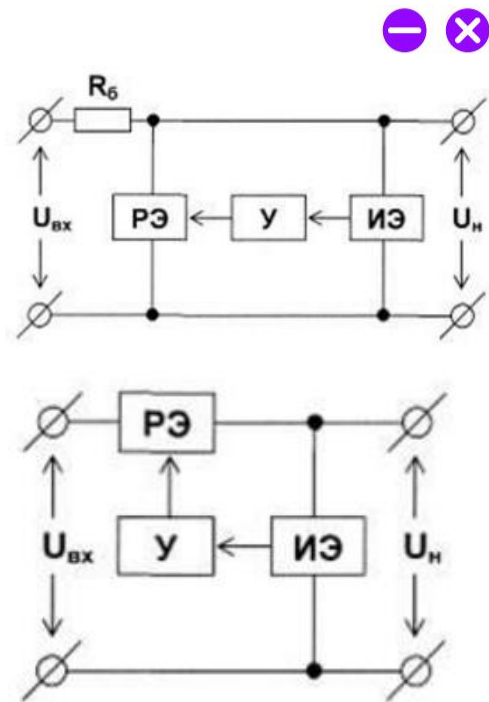
Существует два основных типа регуляторов напряжения: **параллельные** регуляторы и **последовательные** регуляторы. Их названия соответствуют методу их соединения с нагрузкой.

**Параллельный регулятор** подключается параллельно с нагрузкой.

**Последовательный регулятор** подключается к нагрузке последовательно.

Последовательные регуляторы более популярны, чем параллельные, т.к. они более эффективны и рассеивают меньшую мощность.

Параллельный регулятор также работает в качестве управляющего устройства, защищая регулятор от короткого замыкания в нагрузке.



# Основные параметры стабилизаторов

1. Коэффициенты стабилизации напряжения и тока – представляет собой отношение относительного изменения напряжения (тока) на входе к относительному изменению напряжения (тока) на выходе стабилизатора (при постоянном сопротивлении нагрузки)

$$K_{стU} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} : \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых}} \quad K_{стI} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} : \frac{\Delta I_{вых}}{I_{вых}}$$

2. Выходное сопротивление, характеризующее изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки и неизменном входном напряжении

$$R_{вых} = \frac{\Delta U_{вых}}{\Delta I_{вых}} \quad \text{при } U_{вх} = \text{const.}$$

3. Коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{U_{вых} I_{вых}}{U_{вх} I_{вх}}$$

4. Дрейф (допустимая нестабильность) выходного напряжения. Временной и температурный дрейф характеризуется величиной относительного или абсолютного изменения выходного напряжения за определенный промежуток времени или в определенном интервале температур.

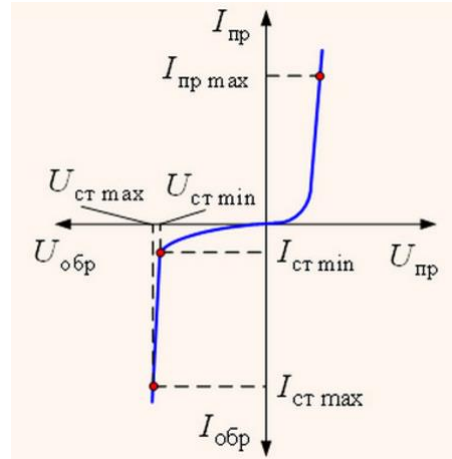
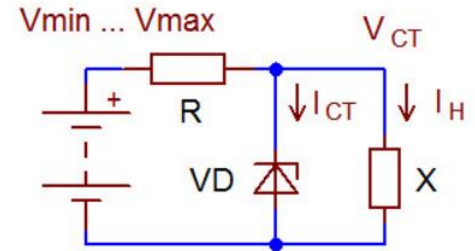
# Параллельный регулятор

На рисунке показан **параллельный регулятор** на основе стабилитрона. Стабилитрон соединен последовательно с резистором  $R$ . Входное постоянное напряжение прикладывается к стабилитрону и резистору и смещает стабилитрон в обратном направлении. Резистор позволяет протекать малому току и поддерживать стабилитрон в области пробоя.

Входное напряжение должно быть выше, чем напряжение стабилизации стабилитрона. Падение напряжения на резисторе равно разности между входным напряжением и напряжением стабилизации стабилитрона.

Цепь, изображенная на рисунке, обеспечивает постоянное выходное напряжение при изменении входного. Любое изменение напряжения проявляется в виде изменения падения напряжения на резисторе. Сумма падений напряжения должна равняться входному напряжению.

Выходное напряжение может быть увеличено или уменьшено путем замены стабилитрона и последовательно включенного резистора.

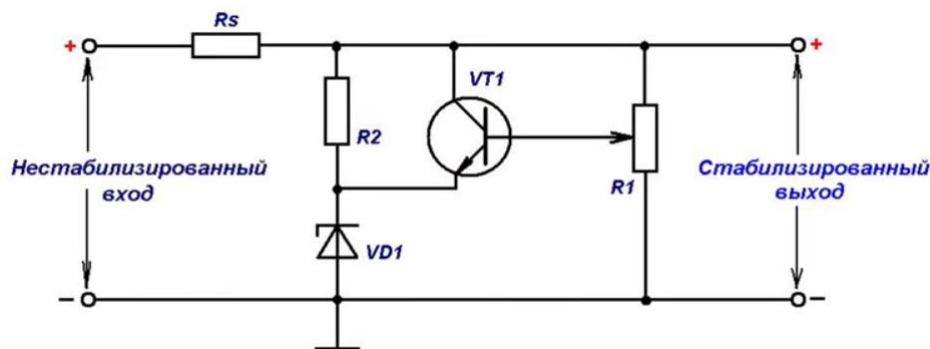
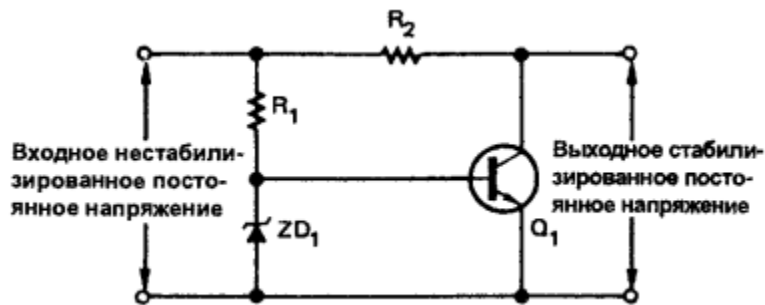


# Параллельный стабилизатор

На рисунке изображена параллельная регулирующая цепь, использующая транзистор.

Заметим, что транзистор VT1 включен параллельно нагрузке. Это защищает регулятор в случае короткого замыкания в нагрузке.

Существуют более сложные параллельные регуляторы, которые используют больше одного транзистора.



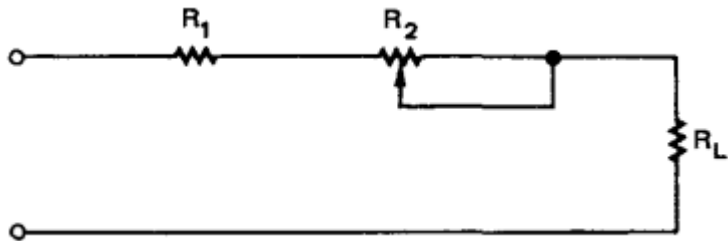
# Последовательный регулятор

Последовательный регулятор более популярный, чем параллельный регулятор.

Простейшим последовательным регулятором является переменный резистор, включенный последовательно с нагрузкой (рисунок).

Сопротивление регулируется непрерывно для поддержания постоянного напряжения на нагрузке.

При увеличении постоянного напряжения сопротивление увеличивают, чтобы на нем падало излишнее напряжение. Это сохраняет постоянное падение напряжения на нагрузке, так как избыточное напряжение падает на последовательно включенном резисторе.



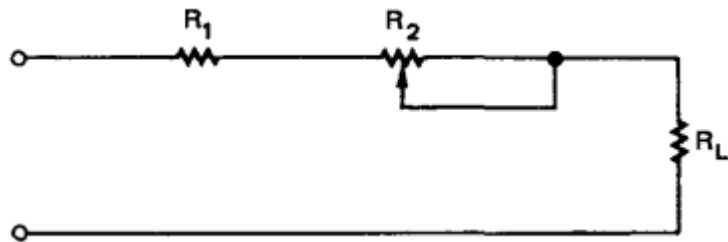
# Последовательный регулятор

Последовательный регулятор более популярный, чем параллельный регулятор.

Простейшим последовательным регулятором является переменный резистор, включенный последовательно с нагрузкой (рисунок).

Сопротивление регулируется непрерывно для поддержания постоянного напряжения на нагрузке.

При увеличении постоянного напряжения сопротивление увеличивают, чтобы на нем падало излишнее напряжение. Это сохраняет постоянное падение напряжения на нагрузке, так как избыточное напряжение падает на последовательно включенном резисторе.



*Как реализовать?*



# Последовательный регулятор

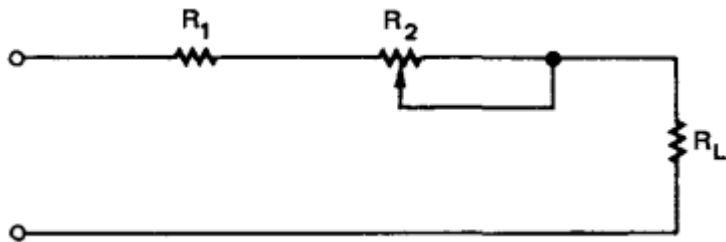
Последовательный регулятор более популярный, чем параллельный регулятор. Простейшим последовательным регулятором является переменный резистор, включенный последовательно с нагрузкой (рисунок).

Сопротивление регулируется непрерывно для поддержания постоянного напряжения на нагрузке.

При увеличении постоянного напряжения сопротивление увеличивают, чтобы на нем падало излишнее напряжение. Это сохраняет постоянное падение напряжения на нагрузке, так как избыточное напряжение падает на последовательно включенном резисторе.



*Как реализовать?*



*Использовать, например, транзистор!*





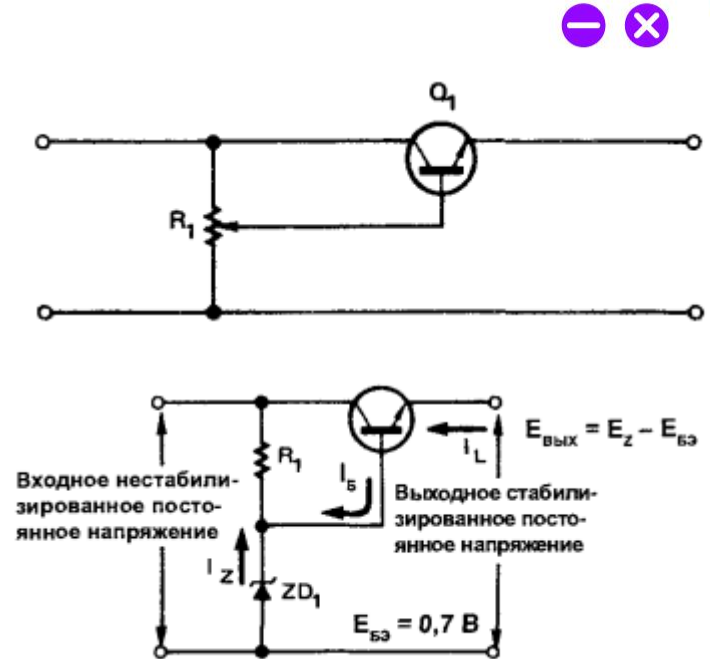
# Саморегулирующий последовательный стабилизатор

На практике достаточно трудно вручную изменять сопротивление резистора для компенсации изменения напряжения и тока.

Более эффективно заменить переменный резистор транзистором (верхний рисунок).

Транзистор включен таким образом, что через него течет ток нагрузки. Путем изменения тока базы транзистора можно управлять величиной тока, текущего через транзистор.

Для того, чтобы сделать эту цепь саморегулирующейся, требуются дополнительные компоненты (нижний рисунок). Эти компоненты позволяют транзистору автоматически компенсировать изменения входного напряжения и тока нагрузки.



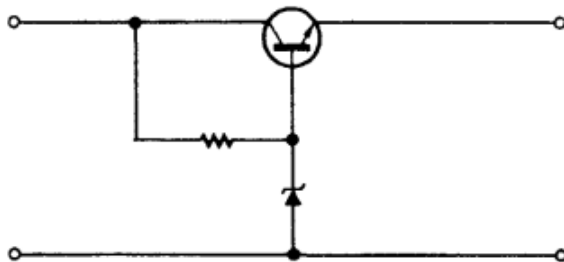
# Последовательный стабилизатор

На его вход подается постоянное нестабилизированное напряжение, а на его выходе получается стабилизированное постоянное напряжение меньшее по величине. Транзистор включен как эмиттерный повторитель и поэтому здесь отсутствует обращение фазы между базой и эмиттером. Напряжение на эмиттере повторяет напряжение на базе. Нагрузка подключена между эмиттером транзистора и землей. Напряжение на базе транзистора устанавливается с помощью стабилитрона.



Когда входное напряжение на транзисторе увеличивается, выходное напряжение также пытается увеличиться. Напряжение на базе транзистора установлено с помощью стабилитрона. Если на эмиттере появляется положительный потенциал, больший чем на базе, проводимость транзистора уменьшается.

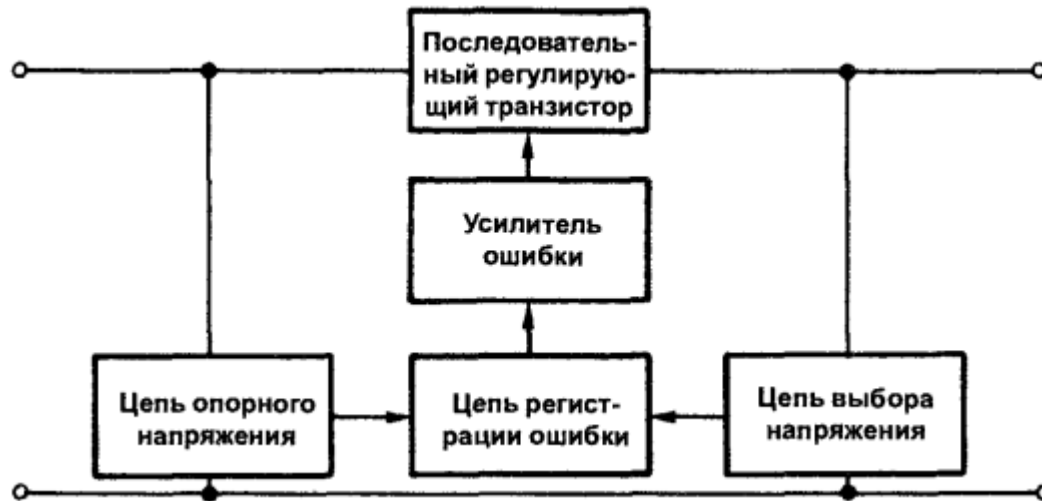
Когда транзистор уменьшает свою проводимость, это действует также, как включение между входом и выходом большого резистора. Большая часть добавившегося напряжения падает на транзисторе и только малая его часть увеличит выходное напряжение.



# Блок-схема стабилизатора с обратной связью

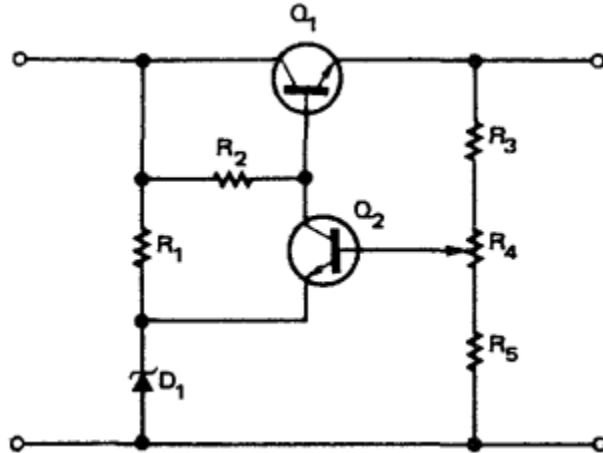
Наиболее популярным типом последовательных стабилизаторов является стабилизатор с обратной связью.

Он содержит цепь обратной связи, контролирующую выходное напряжение. При изменении выходного напряжения появляется управляющий сигнал. Этот сигнал управляет проводимостью транзистора. На рисунке изображена блок-схема стабилизатора с обратной связью.



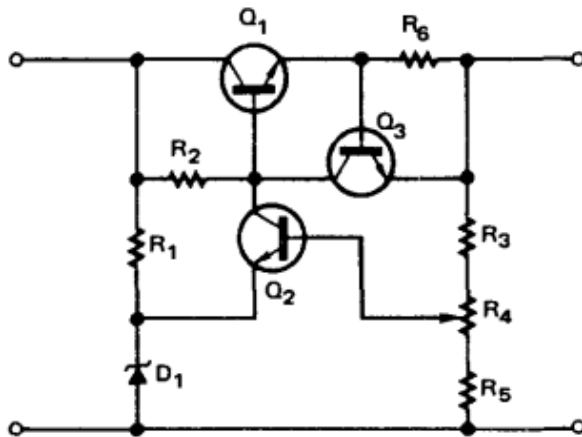
# Последовательный стабилизатор с обратной связью ИТМО

Резисторы  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  – цепь выбора напряжения. Транзистор  $VT_2$  работает в качестве и регистратора и усилителя ошибки. Стабилитрон  $VD_1$  и резистор  $R_1$  задают опорное напряжение. Транзистор  $VT_1$  – последовательно включенный регулирующий транзистор. Резистор  $R_2$  является коллекторной нагрузкой транзистора  $VT_2$  и подает смещение на базу транзистора  $VT_1$ .



# Последовательный стабилизатор с обратной связью ИТМО

Схема, приведенная на рисунке, отличается цепью, которая ограничивает ток через транзистор последовательного стабилизатора. Как видно из рисунка, в цепь обратной связи добавлен последовательный регулятор напряжения. Транзистор VT3 и резистор R6 образуют цепь ограничения тока. Для того, чтобы транзистор VT3 проводил, переход база-эмиттер должен быть смещен в прямом направлении напряжением не менее 0,7 В.



# Сравнение стабилизаторов



Если сравнивать стабилизаторы последовательного и параллельного типов, то следует отметить следующее их различие.

Стабилизаторы параллельного типа могут работать в режиме больших токовых перегрузок. Даже в режиме короткого замыкания в нагрузке регулирующий элемент не выходит из строя.

Стабилизаторы последовательного типа при токовых перегрузках могут выходить из строя, поэтому в схему вводят специальные элементы защиты. Но, несмотря на это, последовательные стабилизаторы используются значительно чаще, так как в них теряется меньшая мощность, т.е. они имеют больший КПД.

Существенным недостатком стабилизаторов и последовательного и параллельного типов, называемых линейными, является большая потеря мощности в регулирующем транзисторе (управляемом сопротивлении) и как следствие этого – недостаточно высокий КПД.

# Стабилизаторы на ИМС

Современные стабилизаторы на ИМС дешевы и просты в применении. Большинство стабилизаторов на ИМС имеют только три вывода (вход, выход и земля) и могут быть непосредственно подсоединены к выходу фильтра выпрямителя (рисунок). Стабилизаторы на ИМС обеспечивают широкий диапазон выходных напряжений как положительной, так и отрицательной полярности. Если стабилизатора с нужным напряжением нет среди стандартных микросхем, то существуют микросхемы стабилизаторов с регулируемым напряжением.



TO-220  
корпус



Вывод 1  
Вывод 2  
Вывод 3

Вход  
Земля  
Выход

TO-3 корпус



7805	5 вольт	7815	15 вольт
7806	6 вольт	7818	18 вольт
7808	8 вольт	7824	24 вольт
7812	12 вольт		

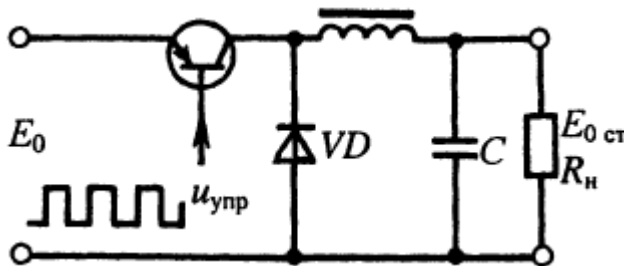
Распространенные  
напряжения стабилизации

# Импульсный стабилизатор

Стремление повысить КПД привело к созданию импульсных стабилизаторов. Идея работы таких стабилизаторов заключается в том, что регулирующий транзистор открывается только тогда, когда напряжение на нагрузке уменьшается до определенного значения. Причем транзистор не просто открывается, но и переходит в режим насыщения.



Когда напряжение на нагрузке достигает заданного уровня, транзистор переходит в режим отсечки. Таким образом, регулирующий транзистор работает в ключевом режиме и большую часть времени находится или в режиме насыщения, или в режиме отсечки. В результате мощность, бесполезно теряемая на нем, существенно меньше по сравнению с линейным стабилизатором, что позволяет использовать в качестве регулирующего относительно маломощный транзистор





# Умножители напряжения

Во всех случаях напряжение постоянного тока ограничено амплитудным значением входного синусоидального напряжения. Когда требуются более высокие постоянные напряжения, используется повышающий трансформатор. Однако более высокие постоянные напряжения могут быть получены и без повышающего трансформатора. Цепи, которые способны создавать высокие постоянные напряжения без помощи трансформатора, называются умножителями напряжения. Умножителями напряжения являются удвоитель напряжения и утроитель напряжения.

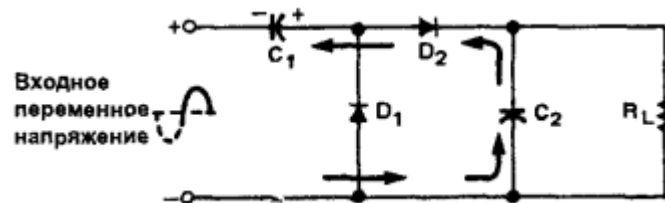
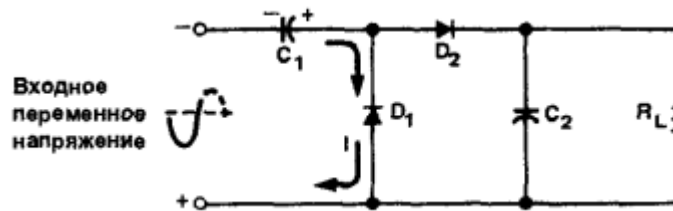
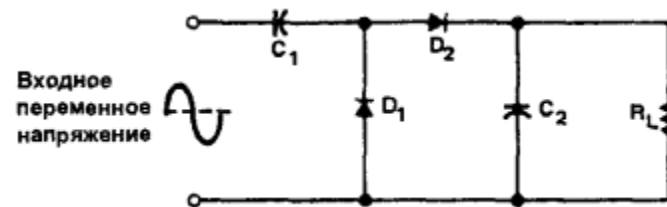


# Однополупериодный удвоитель напряжения

На верхнем рисунке изображен однополупериодный удвоитель напряжения.

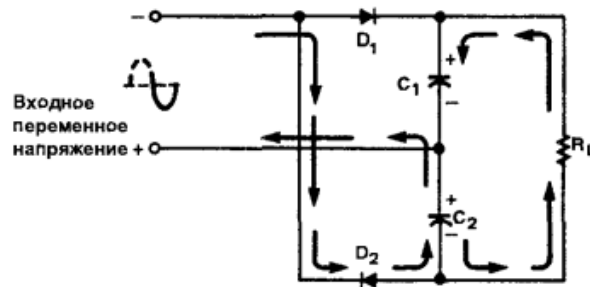
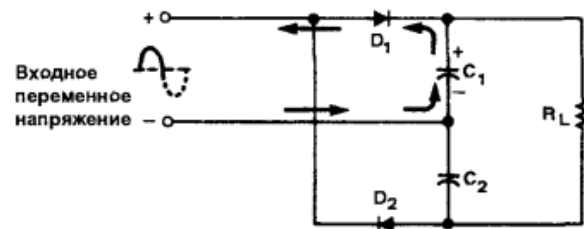
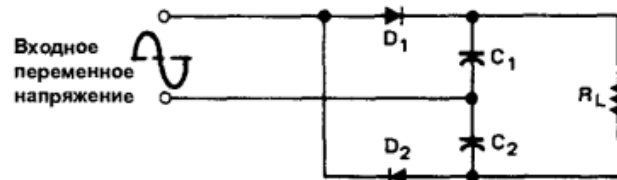
На среднем рисунке изображена работа этой цепи в течение отрицательного полупериода входного сигнала.

На нижнем рисунке изображен положительный полупериод входного сигнала.



# Двухполупериодный удвоитель напряжения

На верхнем рисунке изображена схема цепи, которая работает как двухполупериодный удвоитель напряжения. На среднем рисунке изображен положительный полупериод входного сигнала. На нижнем рисунке изображена работа этой цепи в течение отрицательного полупериода входного сигнала.

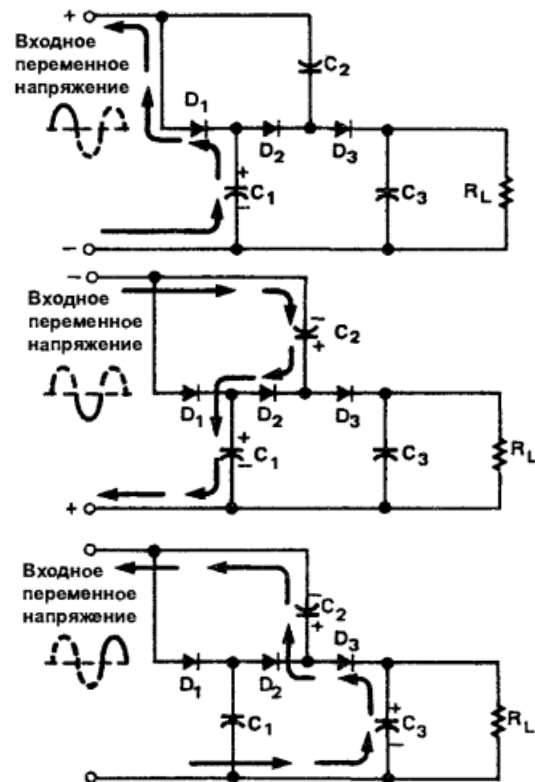


# Утроитель напряжения

На верхнем рисунке показан положительный полупериод входного сигнала.

На среднем рисунке изображено действие отрицательного полупериода входного сигнала.

На нижнем рисунке показан следующий положительный полупериод.



# Список использованных источников

1. Браун М. Источники питания //Расчет и конструирование: пер. с англ. Киев: МК-Пресс. – 2007.
2. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008



**Спасибо  
за внимание!**

**it**MO *re than a*  
**UNIVERSITY**

Nikolay.A.Nikolaev@gmail.com