

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (РЕГУЛЯТОРЫ) ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ (ППН).

Классификация преобразователей постоянного напряжения.

Преобразователи постоянного напряжения **предназначены для преобразования постоянного напряжения одного уровня в постоянное напряжение другого уровня** с высоким КПД. Иногда их называют конверторами. Они служат для питания нагрузки постоянным напряжением U_H , отличающимся по величине от напряжения источника питания U_d . Применяются в устройствах регулирования электроприводов и регулирования напряжения автономных инверторов.

По построению ППН делятся:

а) на **двухзвенные** ППН, состоящие из автономного инвертора (АИ), преобразующего постоянное напряжение в переменное, и выпрямителя. Трансформатор, стоящий между выпрямителем и АИ, позволяет получить на выходе напряжения как меньшие, так и большие входного. Двухзвенные ППН чаще всего применяются в источниках питания систем управления и автоматики.

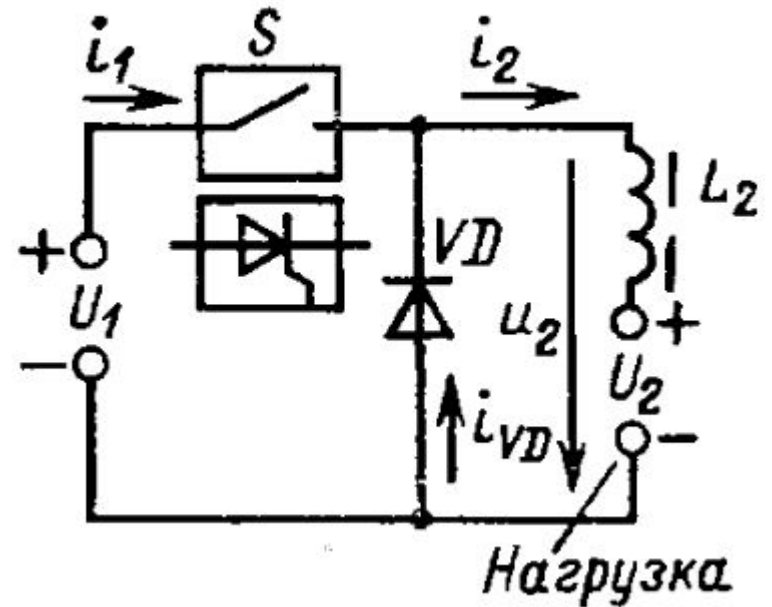
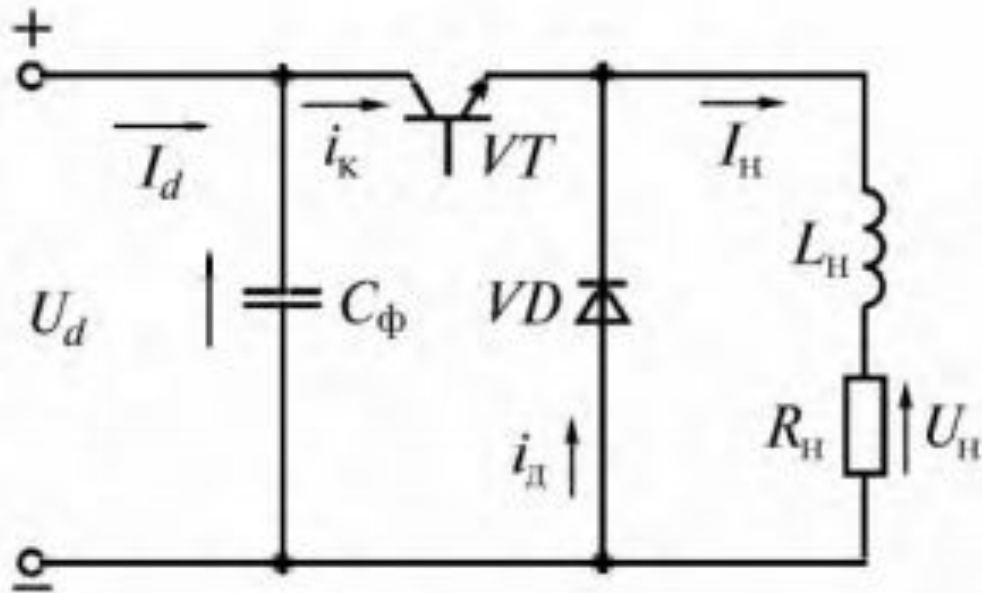
б) на **непосредственные** ППН, выполненные на основе прерывателей.

Непосредственные ППН связывает **без промежуточного звена переменного тока** две цепи постоянного тока с различными напряжениями.

Непосредственные ППН.

Понижающий ППН.

Схема непосредственного ППН, понижающего напряжение имеет вид



Диод VD служит для пропускания тока, проходящего при выключении транзистора VT за счет энергии, запасенной в индуктивности нагрузки. Конденсатор C_Φ уменьшает потери в источнике питания, делая потребление энергии от него более постоянным.

Диаграммы напряжений и токов

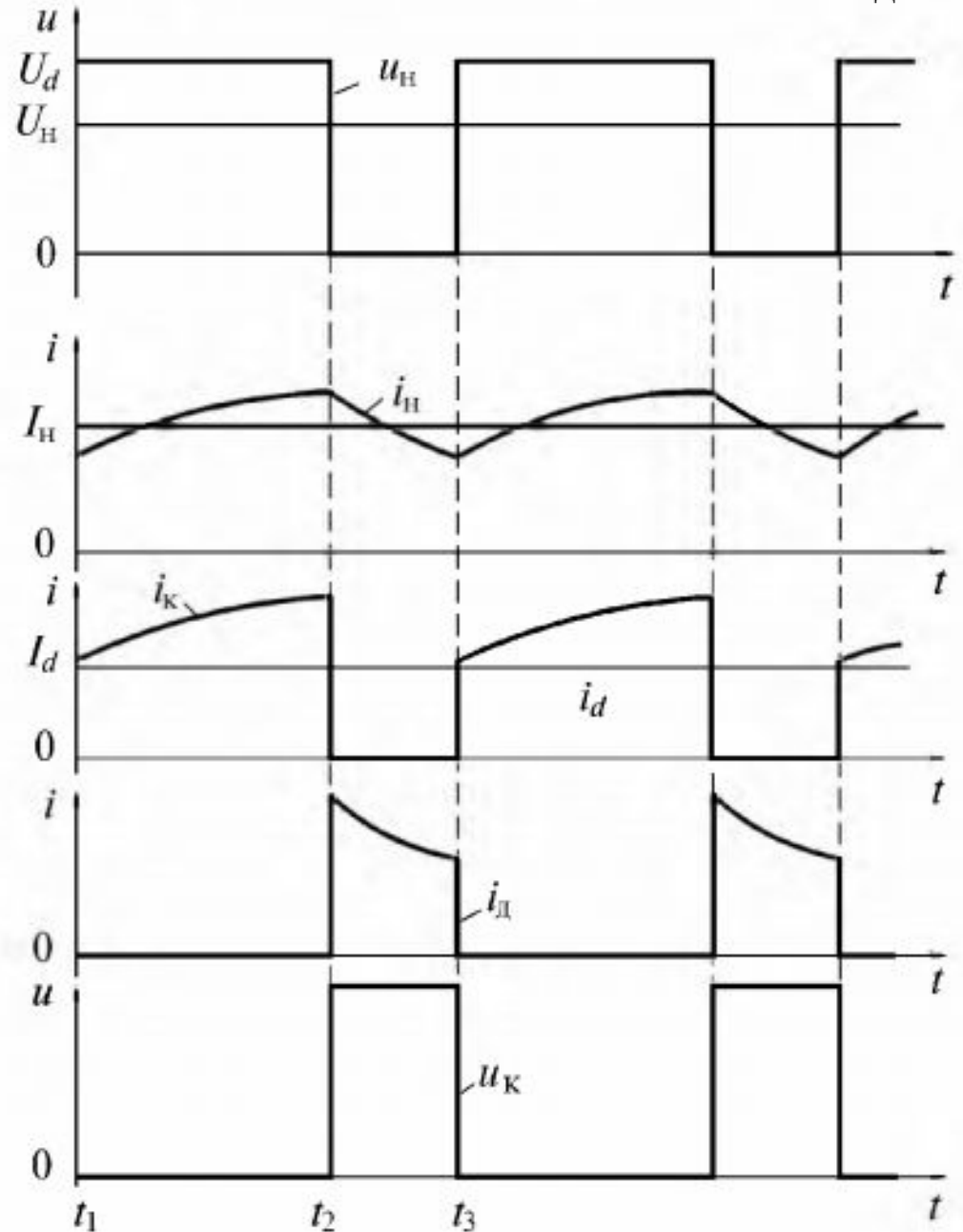
на нагрузке (u_H, i_H), на коллекторе (u_K, i_K), на источнике питания (U_d, i_d), и диоде i_D .

Принцип работы.

В момент t_1 транзистор VT включается, напряжение источника питания прикладывается к нагрузке.

В момент t_2 транзистор выключается, ток нагрузки протекает за счет энергии, запасенной в индуктивности L_H , и замыкается через диод VD.

В момент t_3 процессы повторяются.



Для регулирования напряжения на выходе ППН изменяют длительность включенного состояния транзистора. Регулирование напряжения, при котором частота подачи импульсов на нагрузку постоянна, но изменяется их длительность, называется широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

Чем больше длительность включенного состояния транзистора, тем больше среднее значение напряжения на нагрузке U_H

$$U_H = \gamma \cdot U_d \quad (1)$$

где γ - **относительная длительность включенного состояния** транзистора.

Так как γ не может быть больше 1, то ППН называется понижающим.

В понижающем ППН γ соответствует относительной длительности импульсов напряжения, прикладываемых к нагрузке

$$\gamma = \frac{t_{И}}{T},$$

где $t_{И}$ - длительность импульсов напряжения прикладываемых к нагрузке или длительность включенного состояния транзистора;

T - период следования импульсов.

Регулировочная характеристика ППН.

Регулировочная характеристика ППН - это **зависимость напряжения на нагрузке от относительной длительности включенного состояния транзисторов.**

В понижающем ППН это зависимость напряжения на нагрузке от относительной длительности импульсов напряжения, прикладываемых к нагрузке. Следовательно, уравнение (1) является уравнением регулировочной характеристики понижающего ППН.

Уравнение регулировочной характеристики понижающего ППН в относительных единицах

$$\frac{U_H}{U_d} = \gamma \quad (2)$$

При КПД = 100% мощность, потребляемая от источника питания, равна мощности, выделяемой в нагрузке

$$U_H I_H = U_d I_d$$

где I_d - ток, потребляемый от источника питания; I_H - ток нагрузки.

Откуда

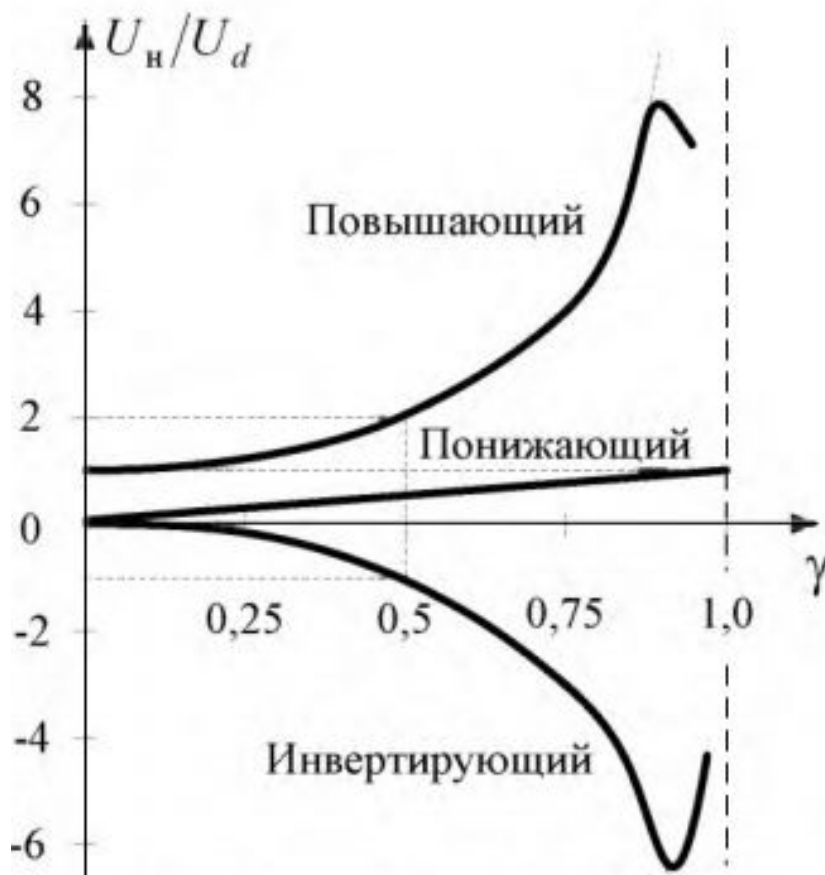
$$I_H = I_d \cdot \frac{U_d}{U_H} = \frac{I_d}{\gamma} \quad (3)$$

В соответствии с формулой (2) диапазон регулирования выходного напряжения понижающего ППН теоретически начинается от нуля (при $t_{И} = 0$, $\gamma = 0$) и достигает U_d (при $t_{И} = T$, $\gamma = 1$), т.е. эта схема понижает напряжение. В соответствии с формулой (3), увеличивает ток. Схема обладает трансформаторным эффектом и работает как трансформатор постоянного тока». Введем понятие коэффициента преобразования напряжения $K_{И} = \frac{U_H}{U_d}$ или $K_{И} = \gamma$.

Тогда уравнение регулировочной характеристики

$$K_{И} = F(\gamma)$$

Регулировочные характеристики ППН (в относительных единицах)

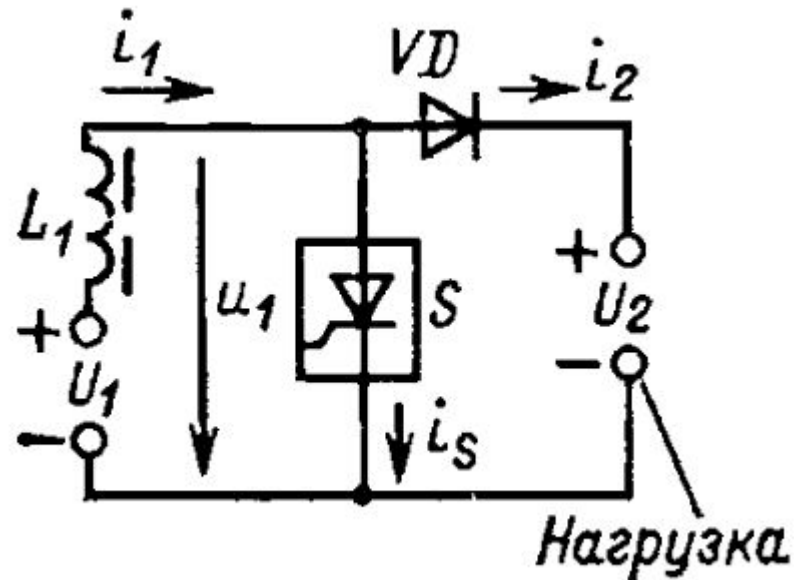
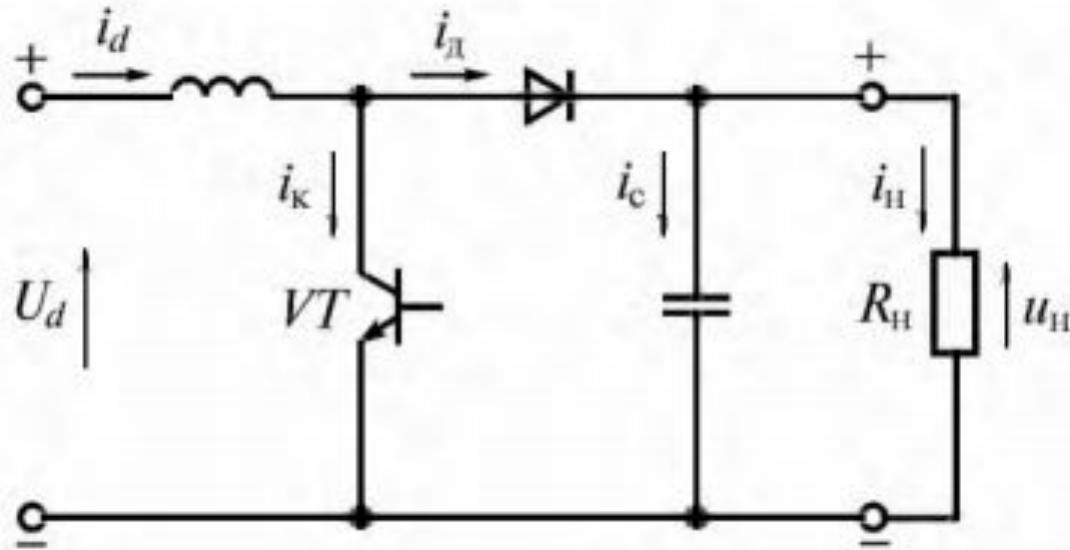


Внешняя характеристика ППН.

Внешняя характеристика ППН - это зависимость среднего значения напряжения на нагрузке от тока нагрузки при постоянной относительной длительности включенного состояния транзисторов.

Повышающий ППН.

Схема непосредственного ППН, повышающего напряжение имеет вид



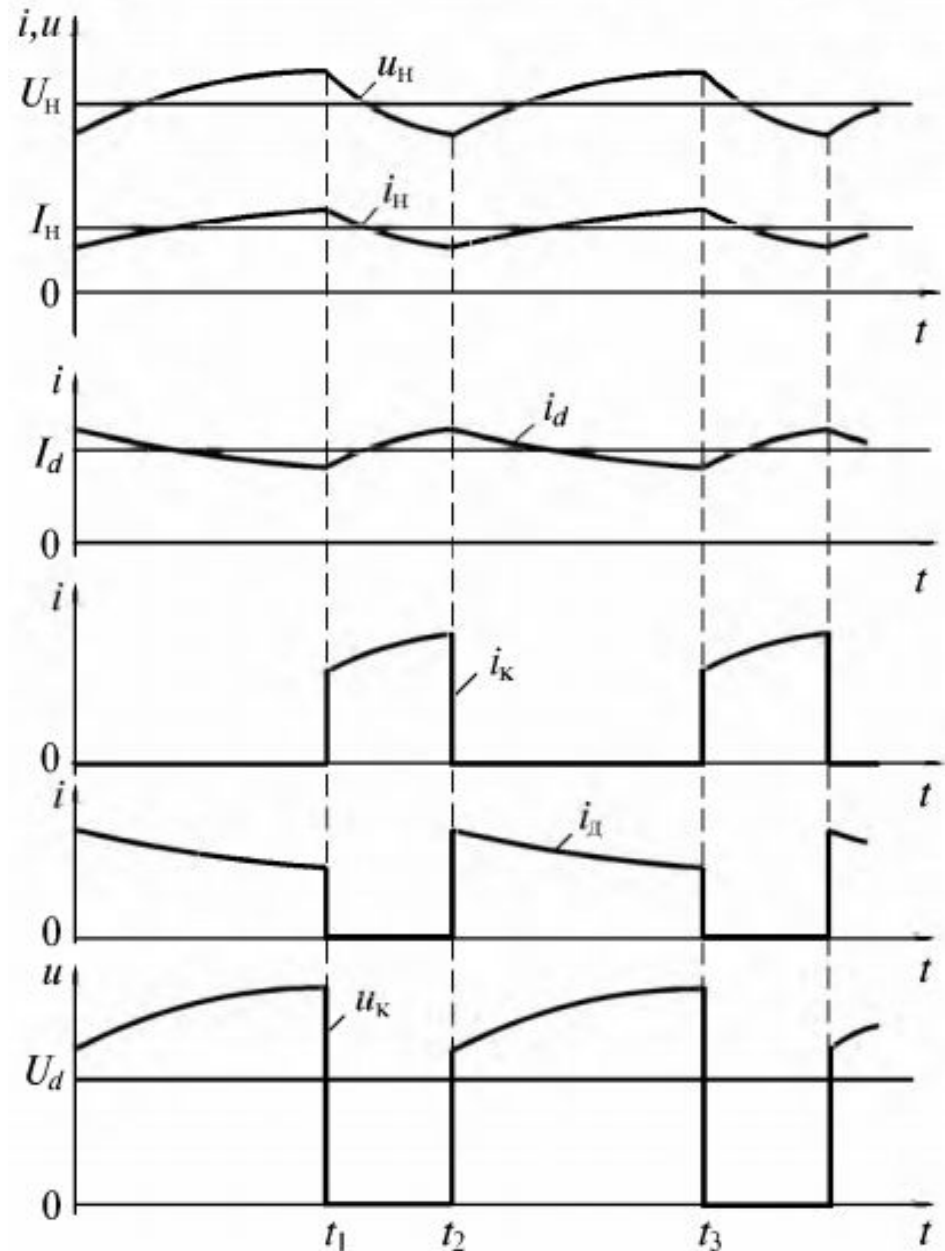
Диаграммы напряжений и токов

на нагрузке (u_H, i_H), на коллекторе (u_K, i_K), на источнике питания (U_d, i_d), и диоде i_D .

Принцип работы. В момент t_1 включается транзистор VT, ток через дроссель L нарастает. В момент t_2 транзистор выключается и за счет энергии, запасенной в индуктивности, под действием суммы напряжения источника питания U_d и ЭДС самоиндукции через вентиль VD заряжается конденсатор C_H , а ток, потребляемый от источника питания, спадает. В момент t_3 процессы повторяются.

Таким образом:

- в течение времени t_H через транзистор идет ток i_d и в индуктивности запасается энергия;
- в течение интервала времени $T - t_H$ ток i_d идет через диод на зарядку конденсатора и на нагрузку. Постоянная составляющая тока i_d не проходит через конденсатор, поэтому среднее значение тока, протекающего через нагрузку,



$$I_H = I_d \cdot \frac{T - t_H}{T}$$

Или

$$I_H = I_d(1 - \gamma)$$

Здесь γ - относительное время включенного состояния транзистора.

С учетом справедливости равенства мощностей на входе и выходе $U_H I_H = U_d I_d$ получим

$$U_H = U_d = \frac{I_d}{I_H} = \frac{U_d}{1 - \gamma}$$

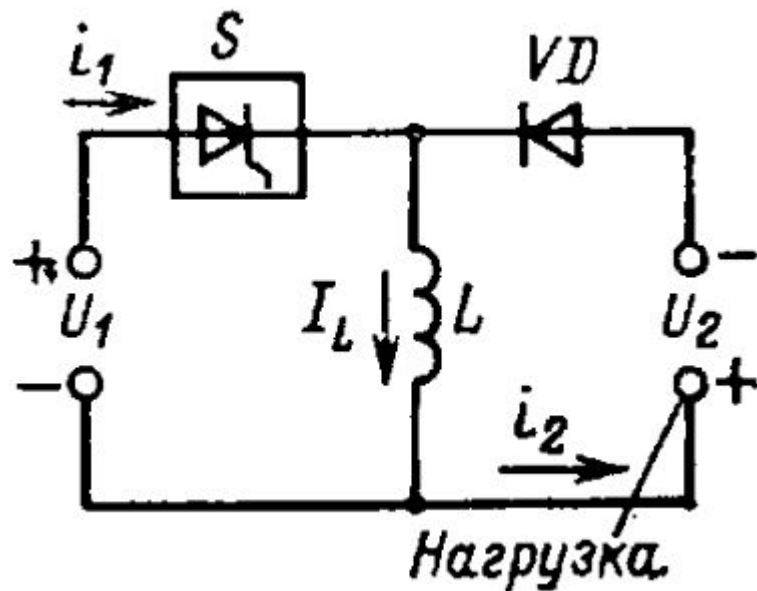
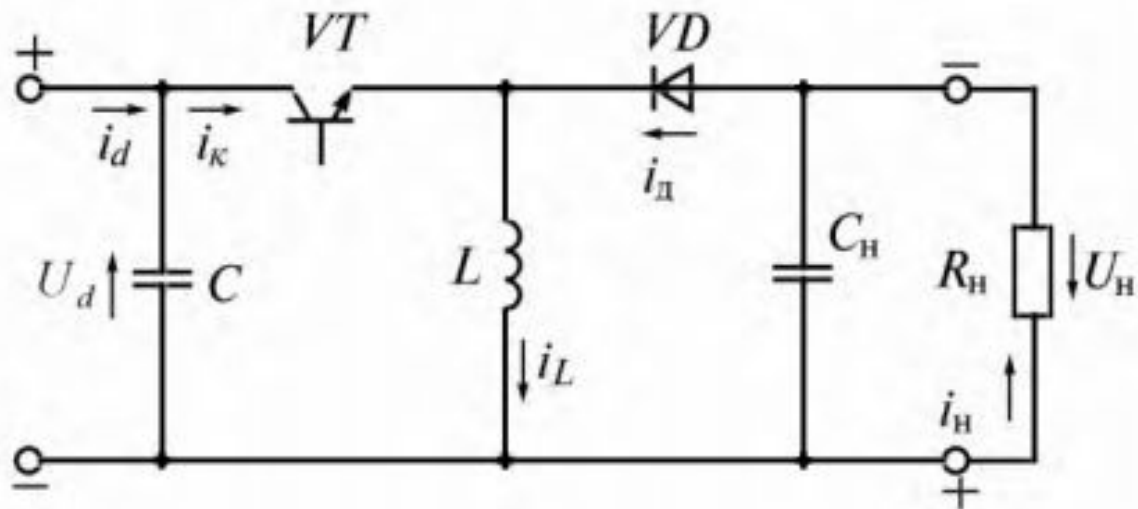
Тогда уравнение регулировочной характеристики в относительных единицах

$$K_H = \frac{U_H}{U_d} = \frac{T}{T - t_H} = \frac{1}{1 - \gamma}$$

Из формулы следует возможность бесконечного увеличения напряжения на нагрузке. Однако, из-за роста потерь в дросселе (он не может быть выполнен без потерь) при увеличении γ получить очень большое напряжение невозможно. Целесообразно увеличение напряжения в 3...4 раза. КПД схемы хуже ранее рассмотренной и он резко падает с ростом коэффициента преобразования напряжения K_H .

Универсальный (инвертирующий) ППН.

Схема универсального ППН имеет вид

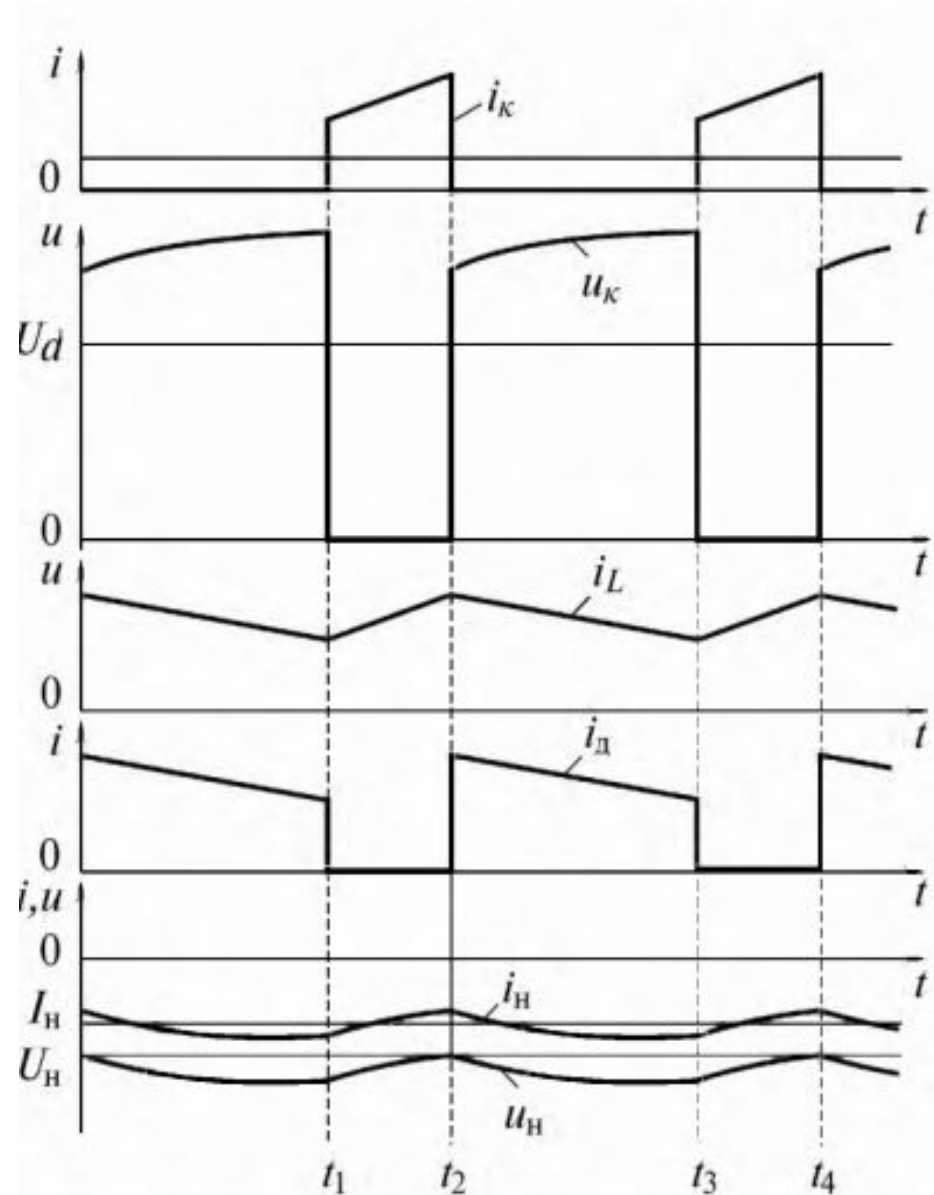


Универсальный ППН позволяет осуществлять как повышение, так и понижение напряжения. Он изменяет не только величину, но и знак напряжения на выходе.

Диаграммы напряжений и токов

на нагрузке (u_H, i_H), на коллекторе (u_K, i_K), на источнике питания (U_d, i_d), и диоде i_D .

Принцип работы. В момент t_1 транзистор VT включается, ток через индуктивность L нарастает. В момент t_2 транзистор, выключается и за счет энергии, запасенной в индуктивности, ток проходит по цепи L, C, VD . Следовательно, на участке $t_2 - t_3$ происходит заряд емкости C , и ток спадает. В момент t_3 процессы повторяются. На участках $t_1 - t_2$ и $t_3 - t_4$ одновременно с запасанием энергии в дросселе происходит разряд конденсатора на сопротивление нагрузки.



Уравнение регулировочной характеристики в относительных единицах

$$K_{И} = \frac{U_{Н}}{U_{d}} = \frac{t_{И}}{T - t_{И}} = \frac{\gamma}{1 - \gamma}$$

Здесь γ - так же относительное время включенного состояния транзистора.

Из формулы следует возможность бесконечного увеличения напряжения на нагрузке.

Однако, из-за роста потерь в реакторе (он не является идеальной индуктивностью) при увеличении γ получить большое напряжение невозможно. Целесообразно увеличение напряжения в 2 - 3 раза. У этой схемы КПД низкий. Он резко падает с ростом коэффициента преобразования напряжения $K_{И}$.

Схема лабораторного стенда для исследования понижающего преобразователя постоянного Напряжения.

