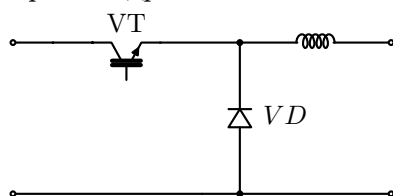


# Глава 1

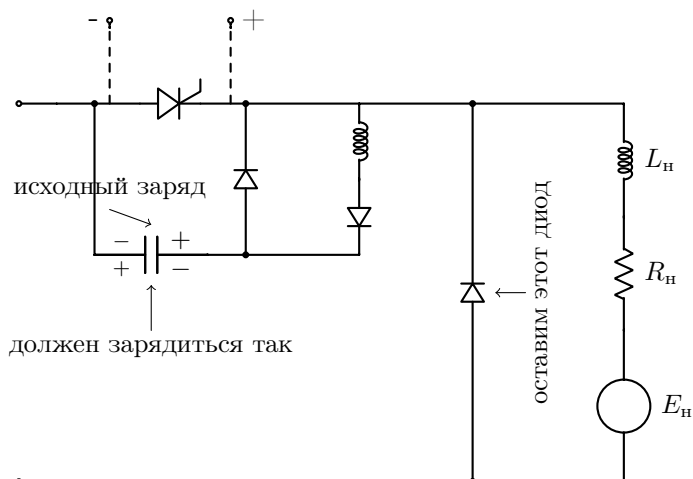
Рассматривали ИППН, классификацию ИППН, классификация в основном по квадрантам. Рассматривали одно-квадрантные, двух-квадрантные, четырех-квадрантные.



Замечание: может стоять IGBT-транзистор, может стоять мосфет,



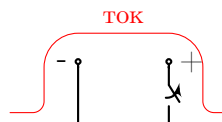
а может стоять обычный тиристор с углом искусственной коммутации:



Искусственная коммутация  $\cong$  принудительная коммутация  $\cong$  ёмкостная коммутация. Искусственная коммутация и принудительная коммутация – синонимы.

– Кратковременно подключить, искус-

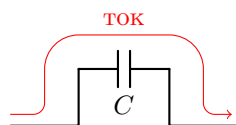
ственно включить, принудительно включить источник. Чаще всего таким источником является заряженный конденсатор.



– источник перехватывает ток нагрузки. Но главная задача – отключить нагрузку.

Это делается в два этапа:

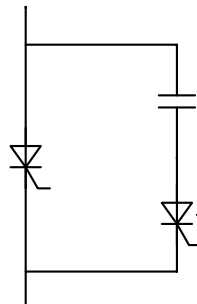
- запереть тиристор
- отключить нагрузку



– конденсатор идеально подходит для обоих этапов. Конденсатор перезаряжается и перехватывает энергию. Ёмкостная коммутация – частный случай искусственной коммутации, когда источником является конденсатор.

Можем использовать импульсный трансформатор.

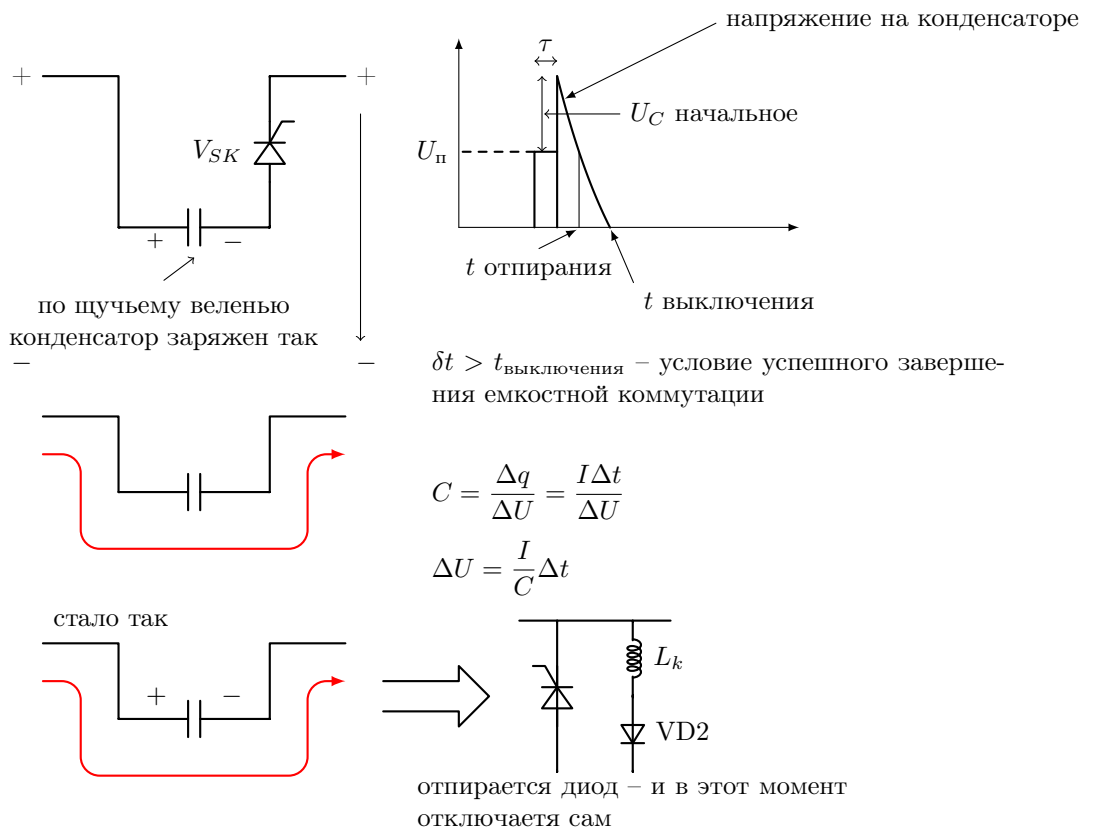
Как отключить тиристор:



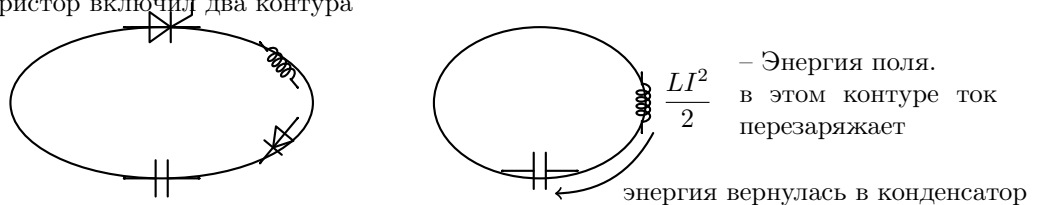
вспомогательный тиристор, он включается, после включения заряжается конденсатор, когда конденсатор зарядится, тиристор отключится

Латышко в 1970 году защищал кандидатскую диссертацию по автоматическому регулированию реактивной мощности. В спимке литературы было 270 работ, часть из которых обзоры. 96 патентов В 1970 году человечество было сконцентрировано на искусственной коммутации. Количество статей, посвященных искусственной коммутации измерялось четырехзначными цифрами.

Пример работы схемы:



Как по щучьему велению. В первый раз открываем  $V_{SK}$ . В момент, когда я отпираю  $V_S$ : тиристор включил два контура



Диод  $VD2$  прекращает колебания. При включении включается  $V_{SK}$ . При этом конденсатор  $C$  проводит ток от  $U_{\Pi}$  в нагрузку и заряжается полярностью в кружке  $\oplus \ominus$ . Процесс заряда завершается, когда  $U_C$  сравняется с  $U_{\Pi}$  и откроется диод  $VD1$ . В дальнейшем при отпирании  $V_S$  и приложении в нагрузку  $U_{\Pi}$  начинает протекать ток по контуру колебательной цепи  $V_S - L_K - VD2 - C$ . Конденсатор разряжается и перезаряжается за одну полуволну резонансной частоты контура. Конденсатор оказывается заряжен нужной для  $U_K$  полярностью и величиной напряжения близкой к  $U_{\Pi}$ .  $\swarrow$  – иголочка примерно равна  $U_{\Pi}$ .

Чем хороша – позволяет использовать обычные тиристоры. Плоха

$\delta t > t_{\text{выкл}}$ . Тиристоры нужны быстродействующие.

$$\delta t = U_C \sim \frac{U_{\Pi}}{I_{\max}} \quad \begin{array}{l} \swarrow \text{(меньше из-за КПД 95,98 \% )} < U_{\Pi} \\ \nwarrow \text{условие должно выполняться для тока перегрузки} \end{array}$$

Условие  $< U_{\Pi}$  – ерунда.  $I_{\max}$  – это критично.

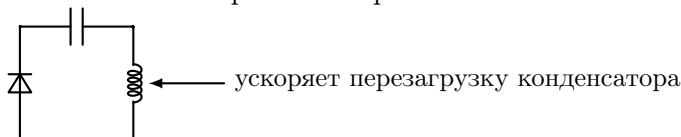
$$C \geq K \frac{t_{\text{выкл}} I_{\max}}{U_C < U_{\Pi}}$$

↑

$K$  – коэффициент запаса  $> 1(1.2, 1.5, 2)$


Выбирали на максимальный ток, а работаю при минимальной, ток Х.Х. Наклон  $\sim$  току

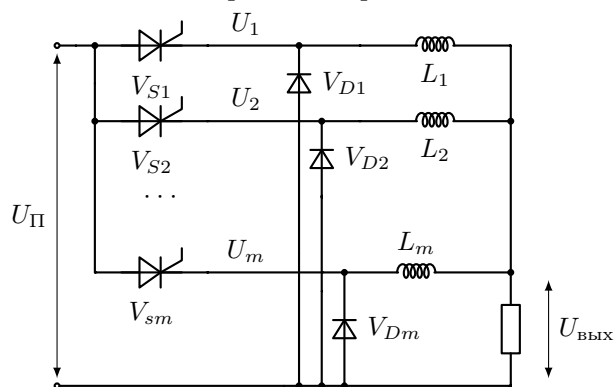
Схема может не работать при малых токах.



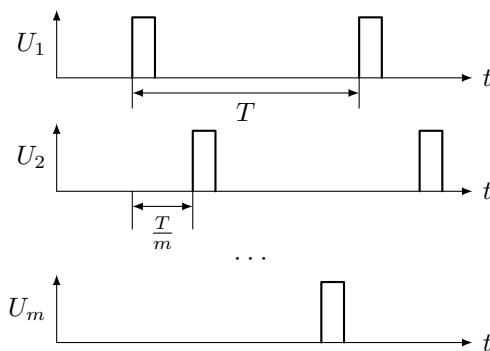
Надежность схемы снижается.

Последнее уточнение к схеме ... похожи на выпрямители. По аналогии с выпрямителями ИППН могут быть многофазными. Делаются для

уменьшения пульсаций. Подключаются к разным  $U_{\Pi}$    
подключаются с разными фазами.



К нагрузке подключены  $m$  одинаковых преобразователя. Отличаются сдвигом по времени




Напряжение на нагрузке  $U_n = \frac{\sum U_k}{m}$  – среднее арифметическое (доказывать не буду). Делается так чтобы уменьшить амплитуду пульсаций. Многофазный ИППН – частота пульсаций в нагрузке увеличивается в  $m$  раз, амплитуда пульсаций уменьшается в  $m$  раз, амплитуда  $I^2$  в  $m^2$  раз.

Другим достоинством многофазного ИППН является простота получения максимальной мощности а также уменьшение потерь в СПП.

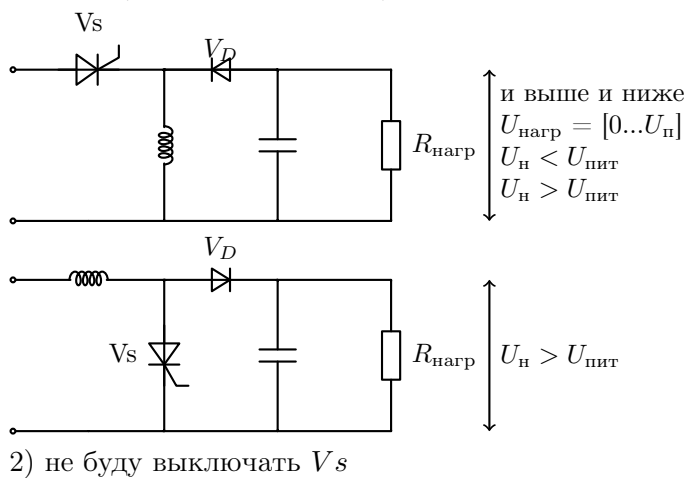
Во всех приборах есть частотные потери. Ключевой режим не идеален. В 9 раз увеличили частоту  $f$ . Это не нужно. Токи делятся – это определяется индуктивностью.

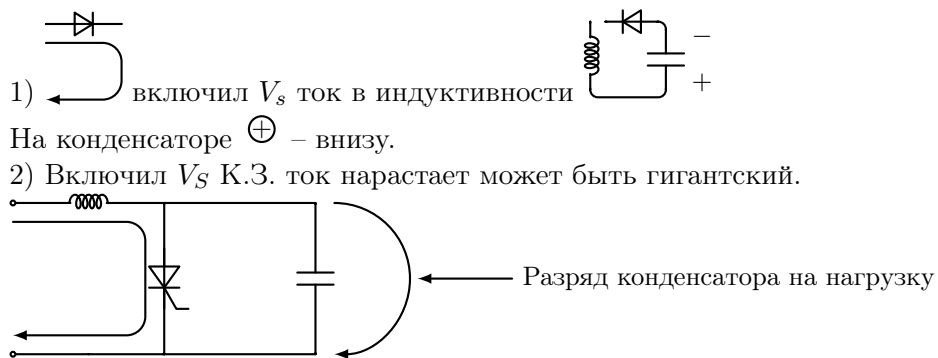
ИППН широко использовались на заре. Для большей мощности.

Вместо  включения параллель транзисторов включаются многофазные ИППН.

## 1.1 ИППН с регулированием напряжения выше чем $U_{\text{питания}}$

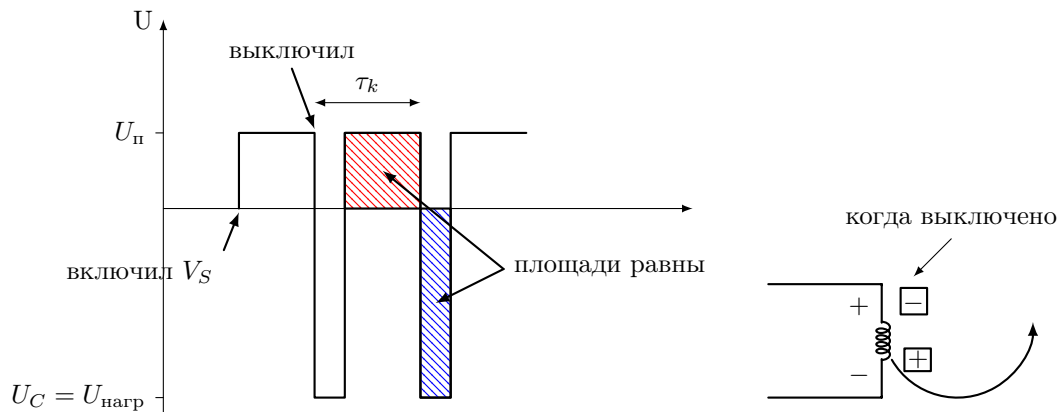
Принципиально многофазные ИППН могут использоваться для всех типов ИППН (2х, 4х квадрантных), и таких как приведенный выше.





Предположим, что в нагрузке  $L, C$  - сам сглаживает. Прикладываются импульсы тока! (До этого были импульсы напряжения). У импульса тока всегда конечная величина.

Сначала строим кривую индуктивности. Что подчеркиваем: Постоянная составляющая на индуктивности равна нулю  $= 0$ .



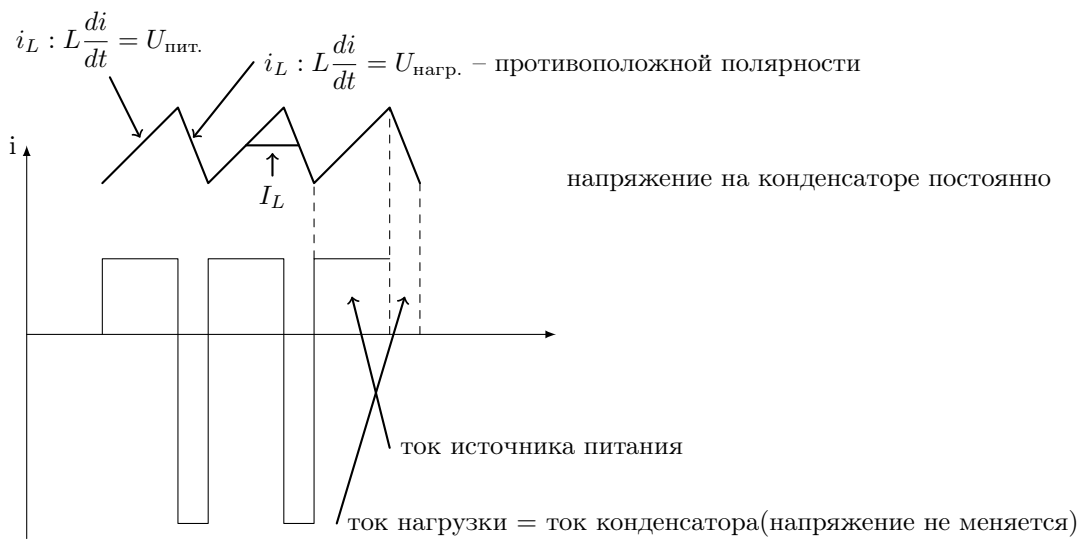
$$U_{\text{пит}} \tau = U_n (T_k - \tau) \Rightarrow$$

$$U_n = \frac{\tau}{T_k - \tau} U_{\text{пит}}$$

Токи. Если считать что емкостная величина сопротивления мала, то  $\frac{L}{R_{\text{диода}}}$

$$\tau \ll \tau_{\text{эл}} = \frac{L}{\sum R}$$

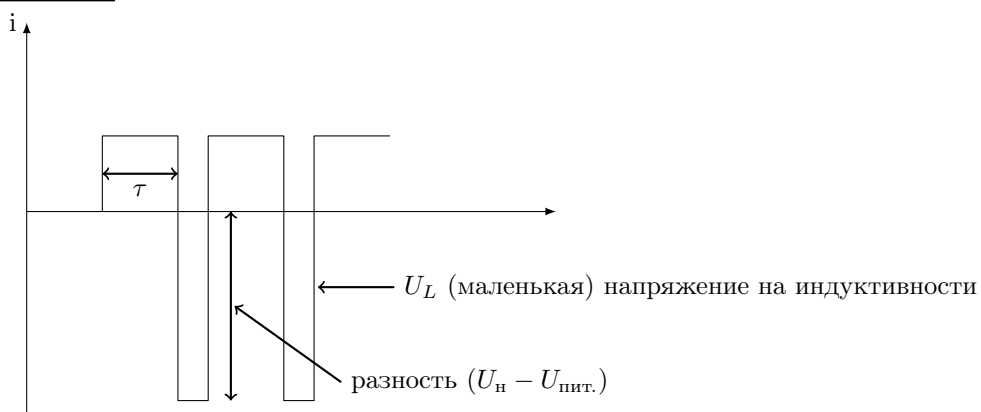
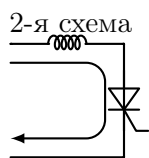
В цепи источника  $R_{\text{индук}}, R_{\text{источн.}}, R_{\text{тиристора}}$



$$\underbrace{I_{\text{пит.}}}_{\text{среднее}} = I_L \cdot \tau f_k$$

$$I_{\text{н}} = I_L (T_k - \tau) f_k$$

$$f = \frac{1}{T_k}$$



$$\tau \cdot U_{\text{пит.}} = (U_{\text{н}} - U_{\text{пит.}})(T_k - \tau)$$

ТОКИ  $i_L = i_{\text{п}}, I_L = I_{\text{п}}$

$$i_{\text{н}} = i_L \frac{T_k - \tau}{T_k} (\text{или умножить на } f_k)$$

$$I_{\text{н}} = I_L (T_k - \tau) f_k$$