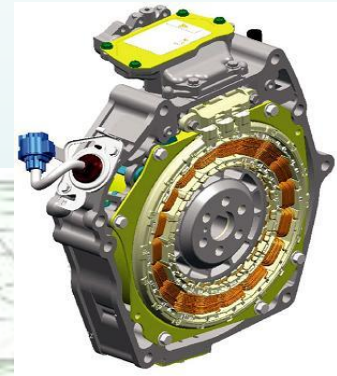
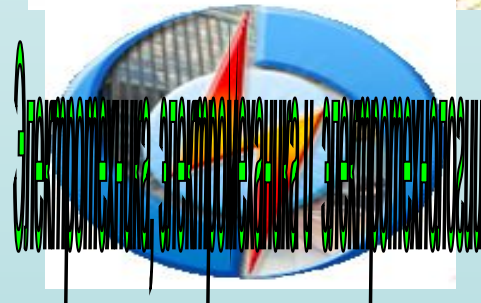
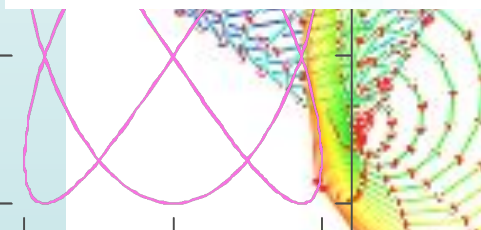


# Частотно-импульсный преобразователь постоянного тока

$$\zeta = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} 2(x-1)^{2n+1}}$$

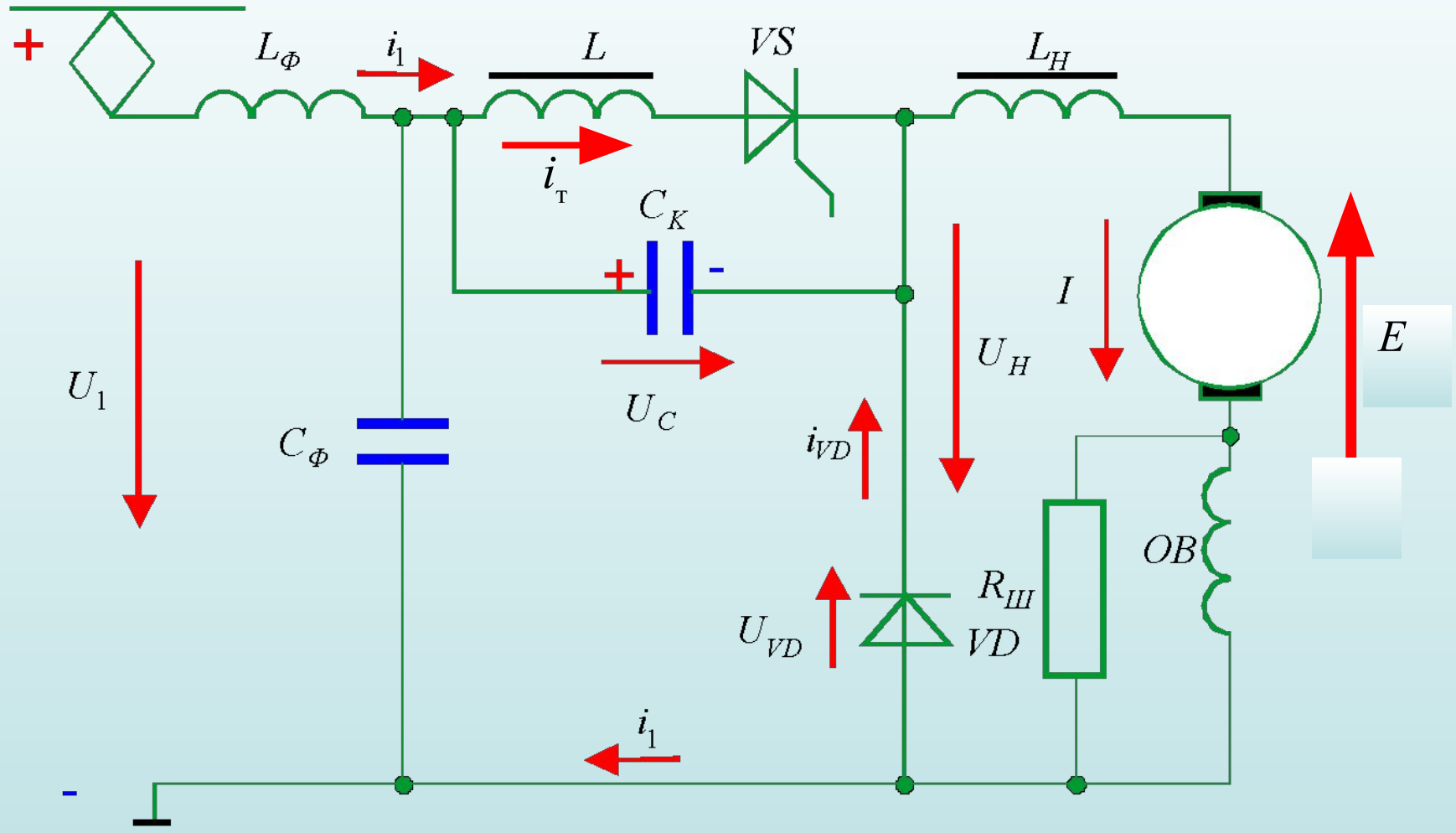


$$\int_0^{3\pi} \frac{xn}{(n^2+1)\sqrt{n^2+2}}$$



Доктор техн. наук,  
профессор  
Щуров Николай Иванович

# Схема частотно-импульсного преобразователя постоянного тока



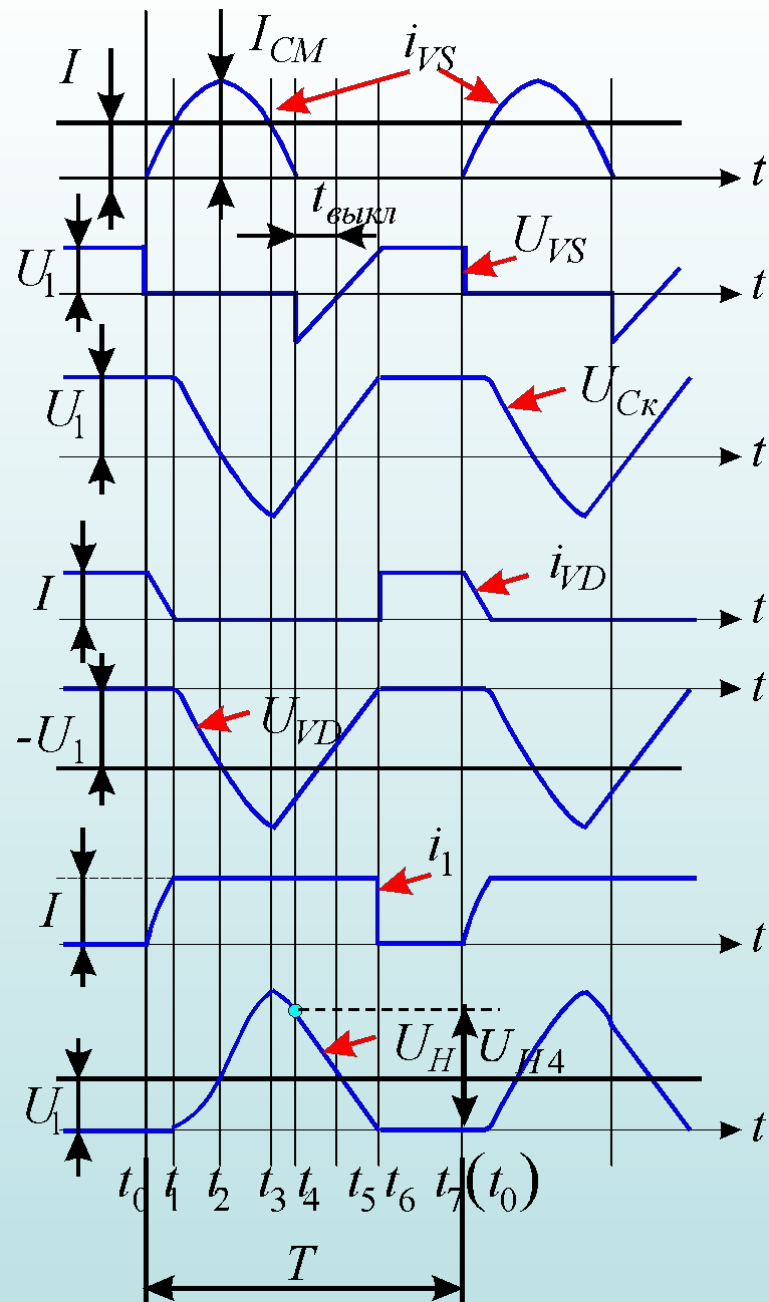
Прерыватель состоит из управляющего вентиля  $VS$ , коммутационного конденсатора, токоограничивающего реактора  $L$ . Запирание тиристора  $VS$  происходит благодаря колебательному процессу, возникающему после открытия  $VS$ .

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0$$

$$\Delta t_2 = t_4 - t_1$$

$$\Delta t_3 = t_6 - t_4$$

$$\Delta t_4 = t_7 - t_6$$



# Расчет характеристик ЧИП

**Принятые допущения:**

$$U_{ex} = U_1 = const$$

$$I_{\partial} = I = const$$

$$\Delta P_{III} = 0$$

**Каждый импульсный цикл длительностью  $T$  разбивается на четыре характерных интервала.**

**Интервал:**  $\Delta t_1 = t_1 - t_0$        $U_H = 0$

**Ток через VS нарастает от 0 до I**

**$L$  – выполняется с малым насыщением и может быть принята  $L=const$**

$$U_1 = L \cdot \frac{di}{dt}; \quad U_1 = L \cdot \frac{I}{\Delta t_1}.$$

**интервал**  $\Delta t_1 = \frac{L \cdot I}{U_1}$

**Интервал:**  $\Delta t_2 = t_4 - t_1$

**Происходит колебательный процесс перезаряда  $C_K$**

**Амплитуда тока в контуре:**

$I_{C \max} = U_1 \sqrt{\frac{C_k}{L}}$  , а наибольший ток тиристора в этом

**контуре равен сумме:**

$$i_{VS \max} = I_{C \max} + I$$

**или**

$$i_{VS \max} = I + U_1 \cdot \sqrt{\frac{C_K}{L}}$$

$i_T(t)$  - выражается синусоидой

$$i_T = I + U_1 \cdot \sqrt{\frac{C_K}{L}} \cdot \sin \frac{t - t_1}{\sqrt{L \cdot C_K}}$$

Чтобы найти время  $\Delta t_2$  в течении которого  $i_T = 0$

$$0 = I + U_1 \cdot \sqrt{\frac{C_K}{L}} \cdot \sin \frac{\Delta t_2}{\sqrt{L \cdot C_K}}$$

$$\sin \frac{\Delta t_2}{\sqrt{L \cdot C_K}} = -\frac{I}{U_1} \cdot \sqrt{\frac{L}{C_K}}$$

$$\Delta t_2 = \sqrt{L \cdot C_K} \cdot \left( \pi + \arcsin \frac{I}{U_1} \cdot \sqrt{\frac{L}{C_K}} \right)$$

**Интервал:**  $\Delta t_3 = t_6 - t_4$

Происходит заряд  $C_K$  током нагрузки  $I = const$  .  
 Напряжение на нагрузке снижается от значения  $U_{H4}$   
 до 0

$$\Delta t_3 = U_{H4} \cdot \frac{C_K}{I}$$

Напряжение на нагрузке за предшествующий  
 интервал  $\Delta t_2$  определялось уравнением:

$$u_H = U_1 - L \cdot \frac{di_T}{dt}$$

Подставив  $i_T(t)$  и осуществляя дифференцирование  
 получим:

$$u_H = U_1 \cdot \left( 1 - \cos \frac{t - t_1}{\sqrt{L \cdot C_K}} \right)$$



Для момента времени  $t = t_4$

$$U_{H4} = U_1 \cdot \left( 1 - \cos \frac{t_4 - t_1}{\sqrt{L \cdot C_K}} \right) \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

Учитывая, что

$$\sin \frac{t_4 - t_1}{\sqrt{L \cdot C_K}} = -\frac{I}{U_1} \cdot \sqrt{\frac{L}{C_K}}$$

$$\cos \frac{t_4 - t_1}{\sqrt{L \cdot C_K}} = -\sqrt{1 - \frac{I^2}{U_1^2} \cdot \frac{L}{C_K}} \quad \text{и тогда}$$

$$U_{H4} = U_1 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{I^2}{U_1^2} \cdot \frac{L}{C_K}} \right)$$

$$\Delta t_3 = \frac{U_1 \cdot C_K}{I} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{I^2}{U_1^2} \cdot \frac{L}{C_K}} \right)$$

**Интервал**  $\Delta t_4 = T - (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3)$

**Выходная характеристика  $U(I)$  напряжения на ТЭД от тока двигателя определяется из уравнения баланса мощностей:**

$$U_1 \cdot I_1 = U \cdot I$$

$$U = \frac{U_1 \cdot I_1}{I}$$

**Определим ток  $I_1$ :**

$$I_1 = \frac{1}{T} \int_0^{t_6} i_1 \cdot dt = \frac{I}{T} \cdot \left( \frac{\Delta t_1}{2} + \Delta t_2 + \Delta t_3 \right)$$

$$U = \frac{U_1}{T} \cdot \left[ \frac{I \cdot L}{2 \cdot U_1} + \sqrt{L \cdot C_K} \cdot \left( \pi + \arcsin \frac{I}{U_1} \cdot \sqrt{\frac{L}{C_K}} \right) + \right. \\ \left. + \frac{C_K \cdot U_1}{I} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{I^2}{U_1^2} \cdot \frac{L}{C_K}} \right) \right]$$

