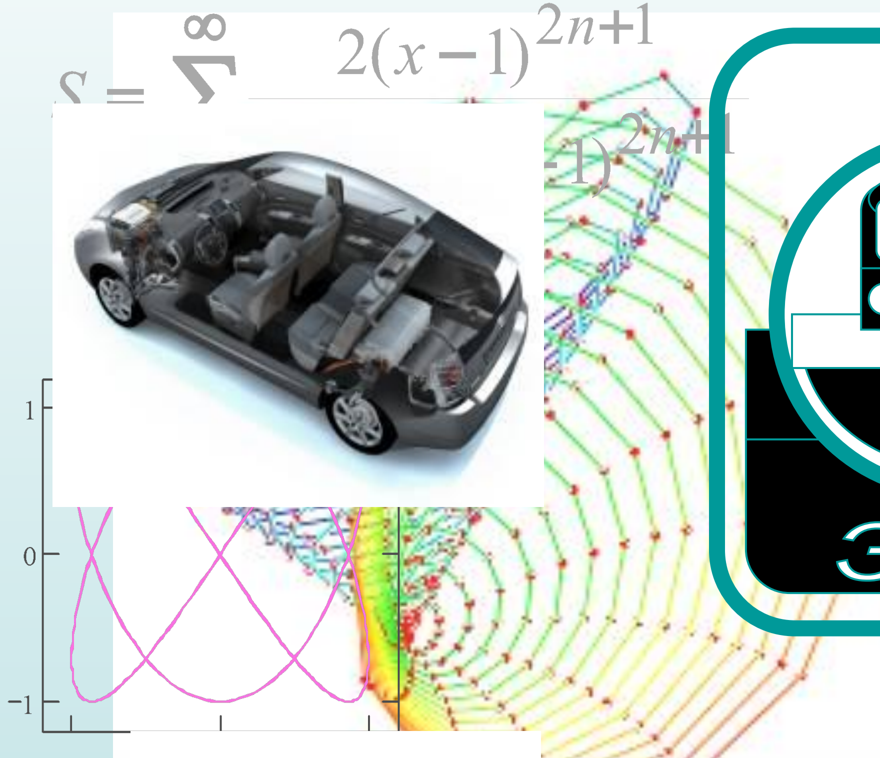
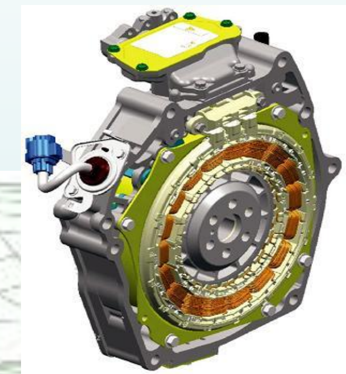
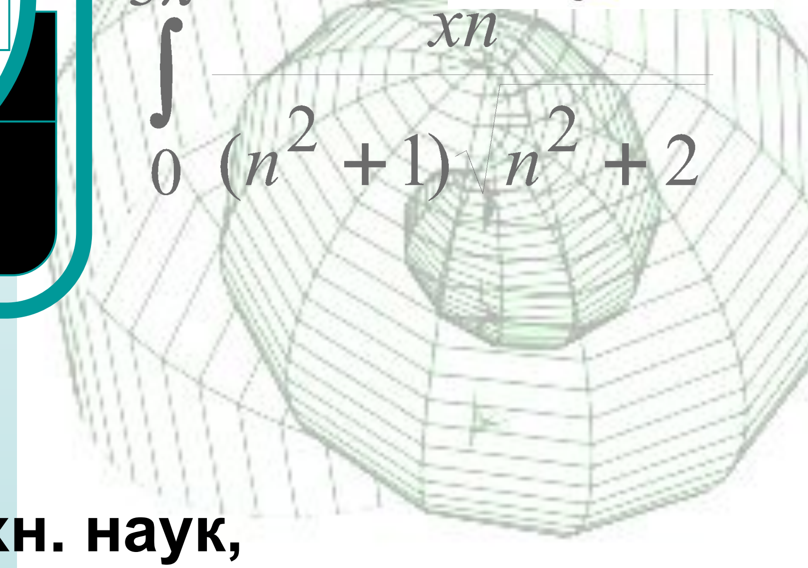
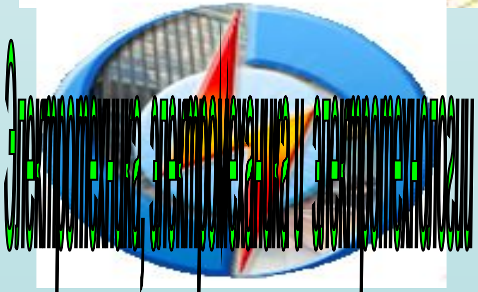
Частотно-импульсный преобразователь постоянного тока







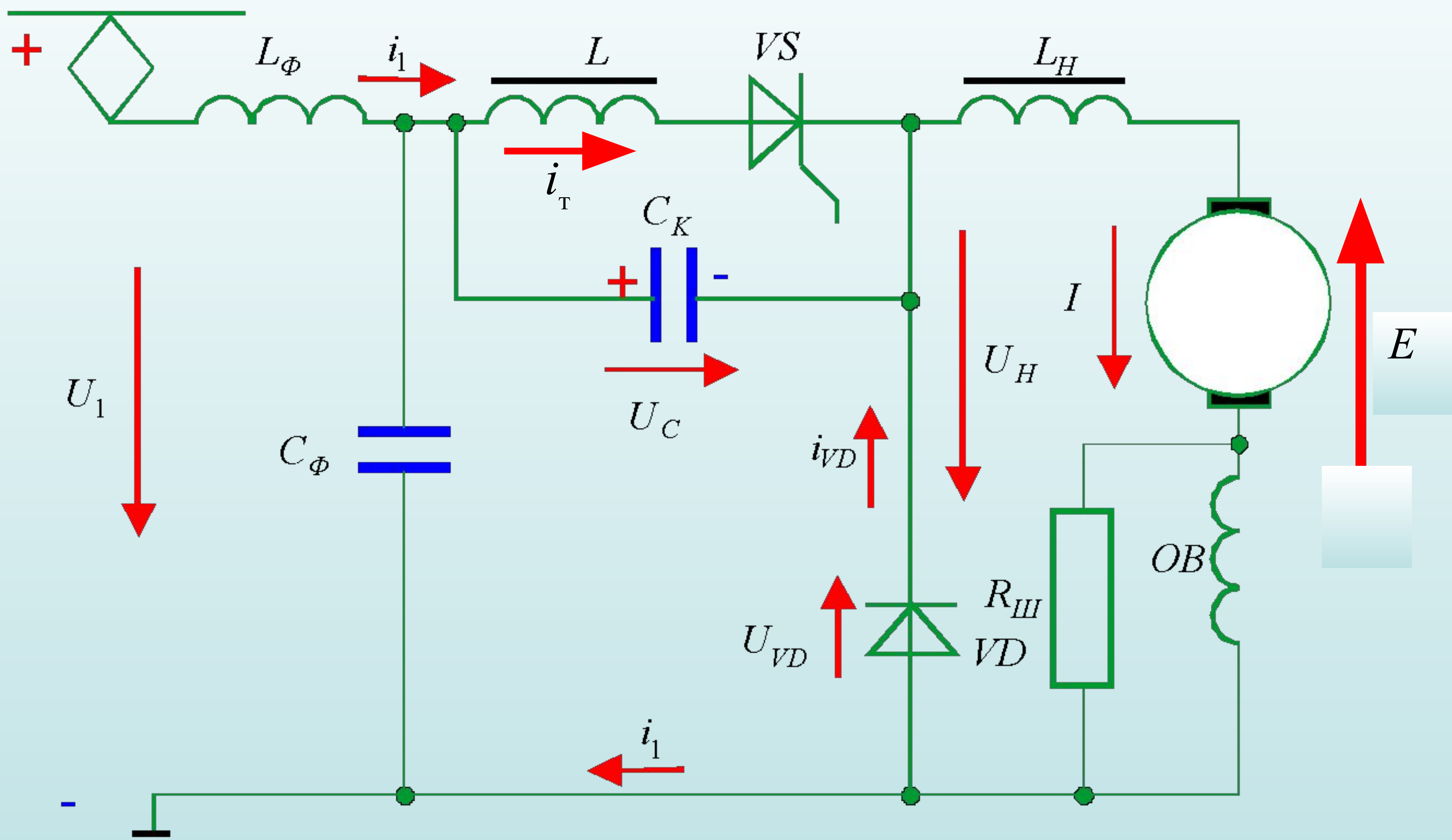
ЭТК



Доктор техн. наук, профессор

Щуров Николай Иванович

Схема частотно-импульсного преобразователя постоянного тока



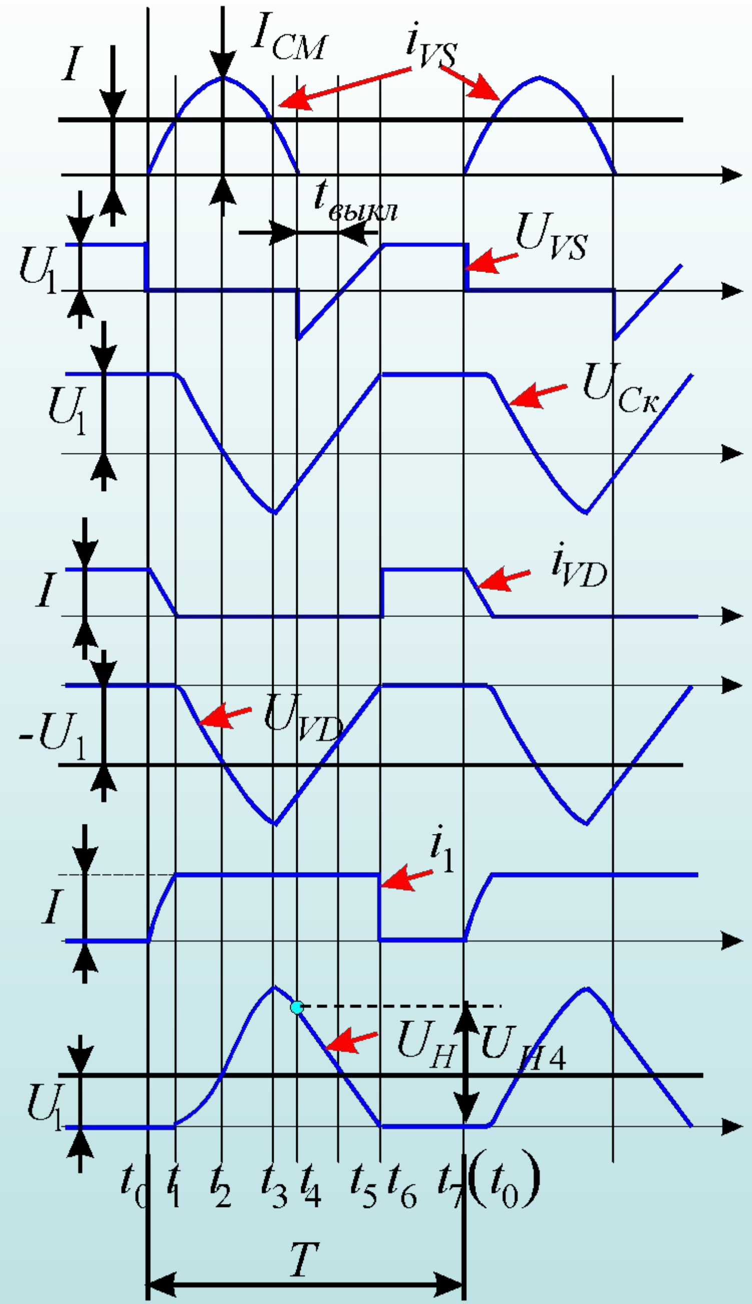
Прерыватель состоит из управляющего вентиля *VS*, коммутационного конденсатора, токоограничивающего реактора *L*. Запирание тиристора *VS* происходит благодаря колебательному процессу, возникающему после открытия *VS*.

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0$$

$$\Delta t_2 = t_4 - t_1$$

$$\Delta t_3 = t_6 - t_4$$

$$\Delta t_4 = t_7 - t_6$$



Расчет характеристик ЧИП

Принятые допущения:

$$U_{вх} = U_1 = const$$

$$I_д = I = const$$

$$\Delta P_{ПП} = 0$$

Каждый импульсный цикл длительностью Т разбивается на четыре характерных интервала.

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

Ток через VS нарастает от 0 до I

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

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

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:

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

контуре равен сумме:

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

или

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

$i_T(t)$ **- 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 Δt_2 в течении которого $i_T = 0$

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

$$\sin\frac{\Delta \boldsymbol{t}_2}{\sqrt{\boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{C}_{\boldsymbol{K}}}} = -\frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{U}_1} \cdot \sqrt{\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{C}_{\boldsymbol{K}}}}$$

$$\Delta \boldsymbol{t}_2 = \sqrt{\boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{C}_{\boldsymbol{K}}} \cdot \left(\pi + \arcsin\frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{U}_1} \cdot \sqrt{\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{C}_{\boldsymbol{K}}}} \right)$$

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

$$\Delta t_3 = U_{н4} \cdot \frac{C_к}{I}$$

Напряжение на нагрузке за предшествующий интервал Δt_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 $t = t_4$

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

Учитывая, что

$$\sin \frac{\boldsymbol{t}_4 - \boldsymbol{t}_1}{\sqrt{\boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{C}_K}} = -\frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{U}_1} \cdot \sqrt{\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{C}_K}}$$

$$\cos \frac{t_4 - t_1}{\sqrt{L \cdot C_K}} = -\sqrt{1 - \frac{I^2}{U_1^2} \cdot \frac{L}{C_K}}$$ **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 $\Delta t_4 = T - \left(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3\right)$

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:

$$\boldsymbol{I}_1 = \frac{1}{\boldsymbol{T}} \int_0^{t_6} \boldsymbol{i}_1 \cdot \boldsymbol{dt} = \frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{T}} \cdot \left(\frac{\Delta \boldsymbol{t}_1}{2} + \Delta \boldsymbol{t}_2 + \Delta \boldsymbol{t}_3 \right)$$

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

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