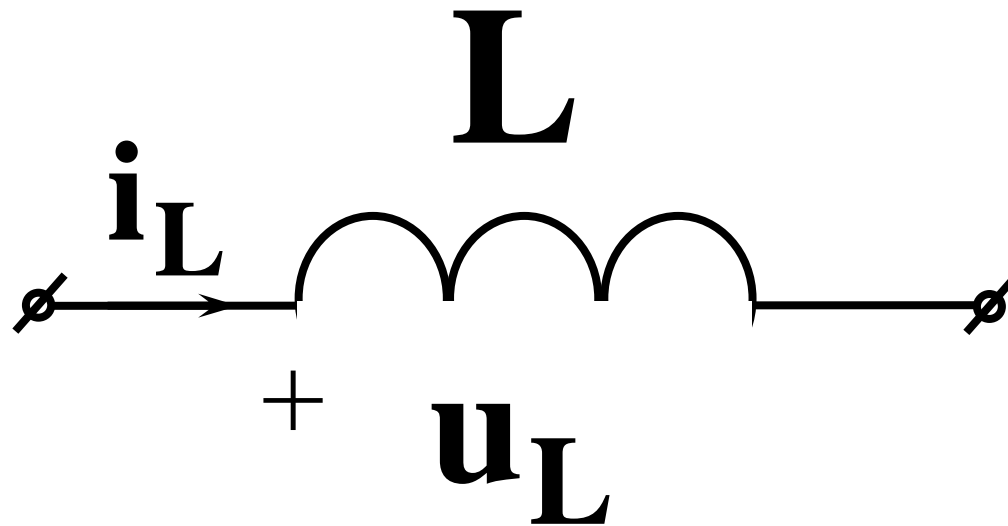


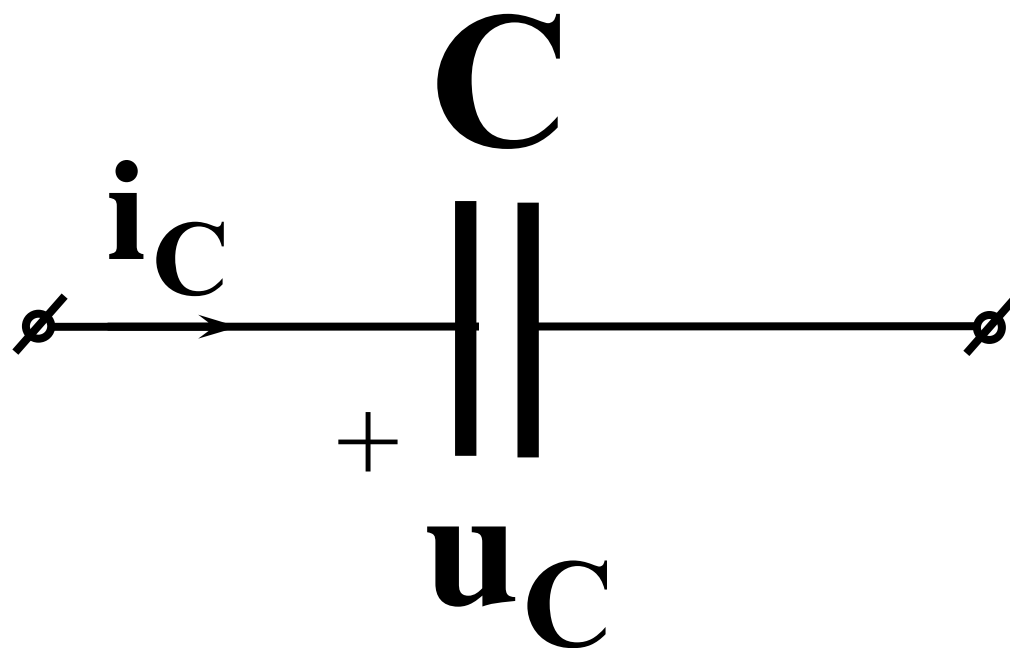
**Классический метод расчета  
переходных процессов в цепи  
первого порядка.  
Гармонический источник**

# Законы коммутации



$$i_L(0_-) = i_L(0_+)$$

Ток в индуктивности **не может** измениться скачком



$$u_C(0_-) = u_C(0_+)$$

Напряжение на емкости **не может** измениться скачком!

К л а с с и ч е с к и й  
метод расчета

Вид функции напряжения или тока  
во время переходного процесса:

$$\mathbf{i(t) = i_{\text{пр}}(t) + Ae^{pt}}$$

$$\mathbf{u(t) = u_{\text{пр}}(t) + Be^{pt}}$$

# Порядок расчета

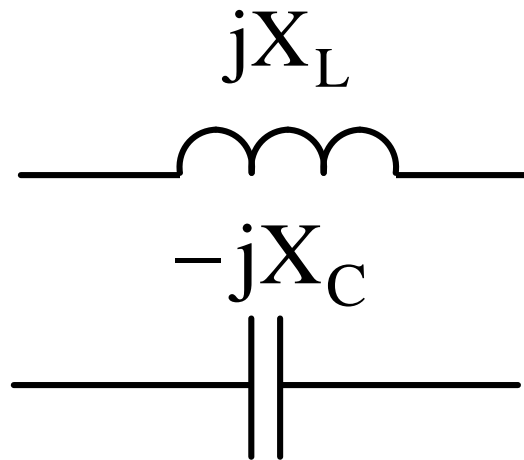
1. Определяются **ННУ**

при  $t = 0_-$  :

$i_L(0_-)$  или  $u_C(0_-)$



Схема **до** коммутации, символический метод  
(ключ в том положении, в котором он нарисован  
на схеме)



$$X_L = \omega L = 0$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \infty$$

$$\underline{U}_C \rightarrow u_C(t) \rightarrow u_C(0)$$

$$\underline{I}_L \rightarrow i_L(t) \rightarrow i_L(0)$$

## 2. ЗНУ

Определяем искомую величину по условию задачи при

$$t = 0_+$$

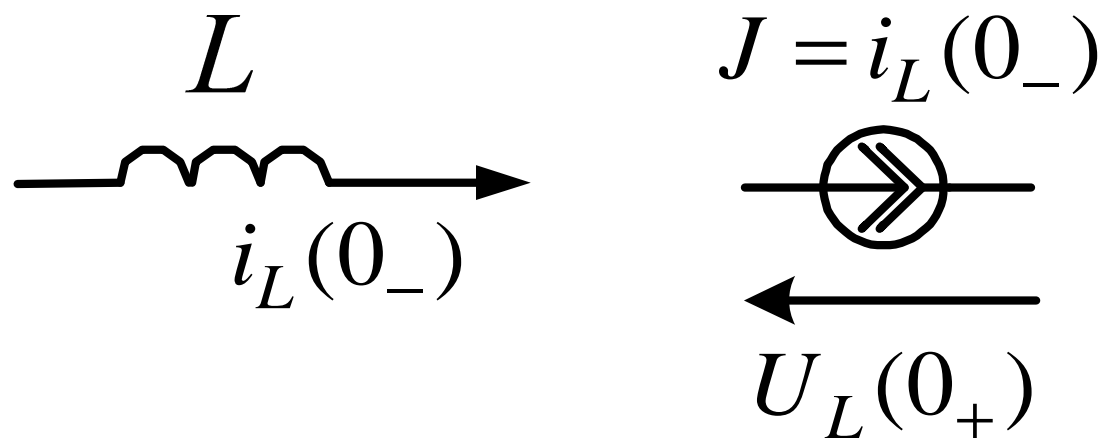
На схеме не забываем, что

$$E = e(\mathbf{0}); \quad J = J(\mathbf{0})$$

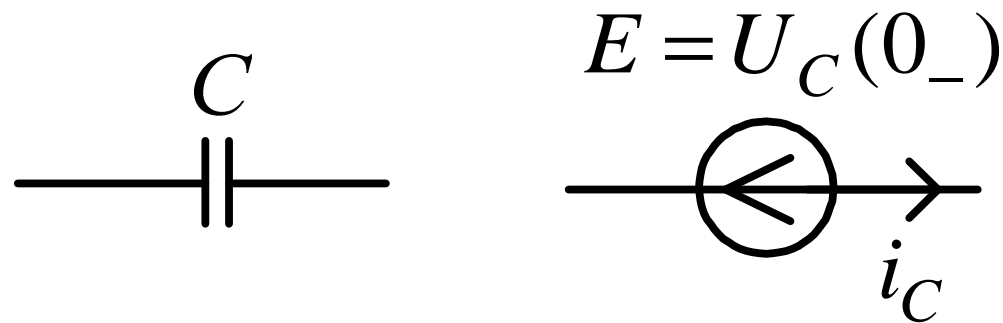
В схеме **после** коммутации (ключ срабатывает и изменяет свое положение на противоположное)

Реактивные элементы заменяем на:

Индуктивность на источник тока величиной  $I_L(0_-)$



Ёмкость на источник ЭДС, величиной  $U_C(0_-)$



## Примечание:

Если требуется определить  $U_c(t)$  или  $i_L(t)$ , то этот пункт не нужен т.к.

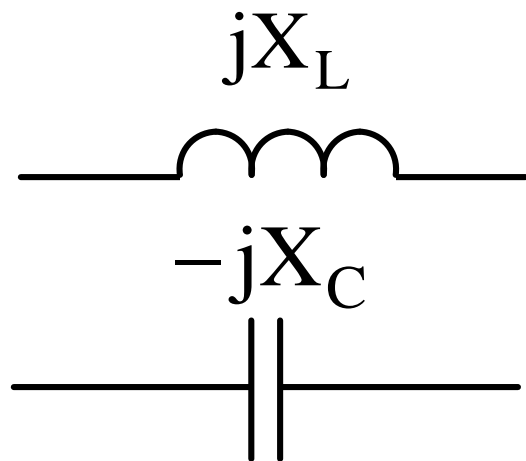
$$u_C(0_-) = u_C(0_+)$$

$$i_L(0_-) = i_L(0_+)$$

3. Определяются принужденные составляющие при

$$t = \infty$$

Схема **после** коммутации, символический метод  
(ключ срабатывает и изменяет свое положение  
на противоположное) установившийся режим



$$X_L = \omega L = 0$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \infty$$

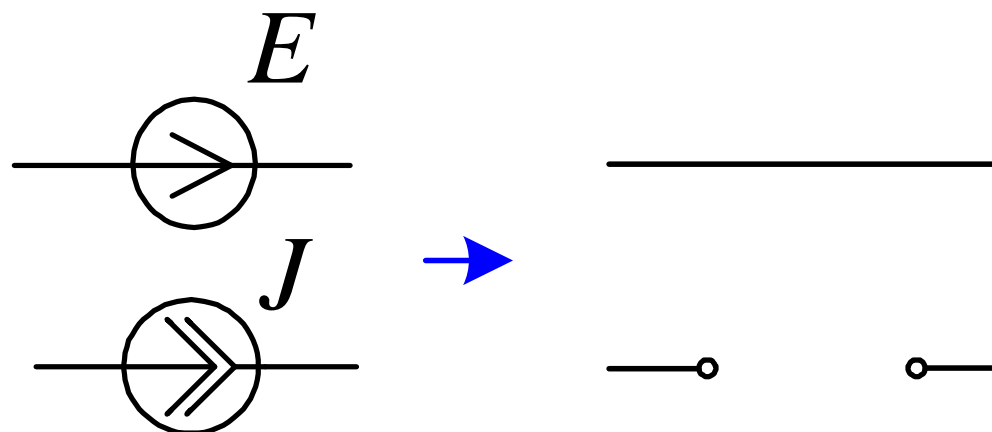
$$\underline{U}_{\text{пр}} \rightarrow \mathbf{u}_{\text{пр}}(t) \rightarrow \mathbf{u}_{\text{пр}}(\mathbf{0})$$

$$\underline{I}_{\text{пр}} \rightarrow \mathbf{i}_{\text{пр}}(t) \rightarrow \mathbf{i}_{\text{пр}}(\mathbf{0})$$

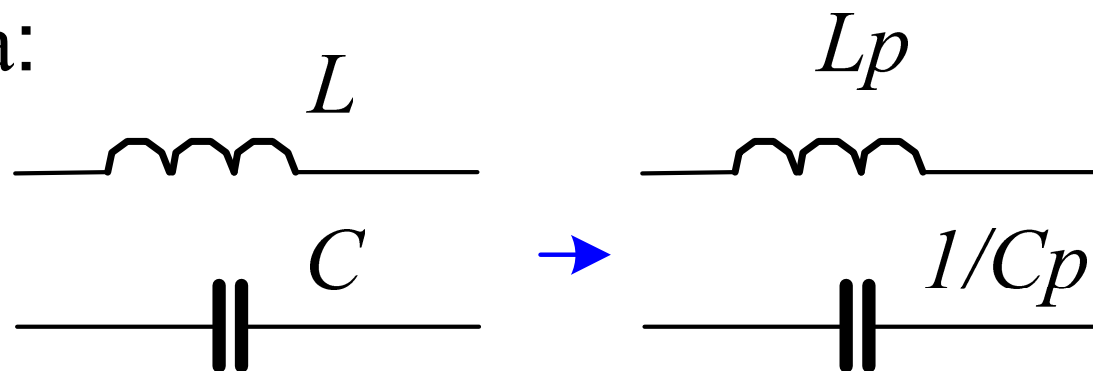
4. Определяется корень  
характеристического  
уравнения

*$\rho$*

В схеме **после** коммутации источники ЭДС  
заменяются на закоротку,  
ветви с источниками тока не рисуются



Сопротивления реактивных элементов  
заменяем на:





Относительно любого разрыва в цепи (удобнее рядом с реактивным элементом), определяем входное сопротивление и приравниваем его к нулю, из полученного уравнения находим корни характеристического уравнения -  $p$ .

$$Z(p) = 0$$

**5.** Определяется постоянная  
интегрирования  $A$  или  $B$   
при  $t = 0_+$ :

$$A = i(0_+) - i_{\text{пр}}(0)$$

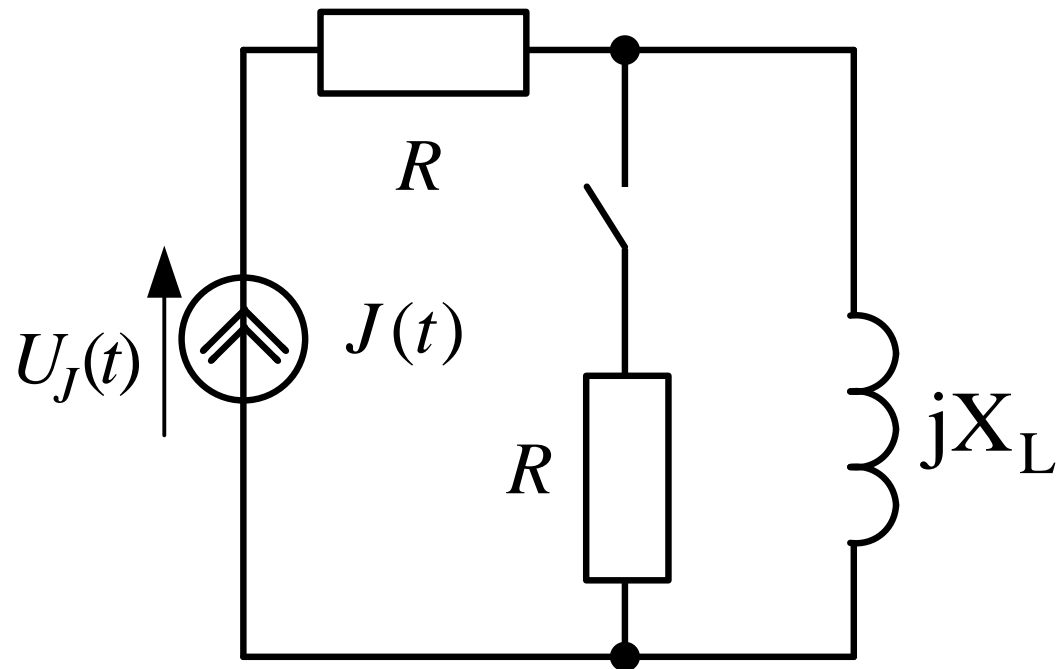
$$B = u(0_+) - u_{\text{пр}}(0)$$

6. Записывается  
окончательный результат

$$\mathbf{i}(t) = \mathbf{i}_{\text{пр}}(t) + \mathbf{A}e^{pt}$$

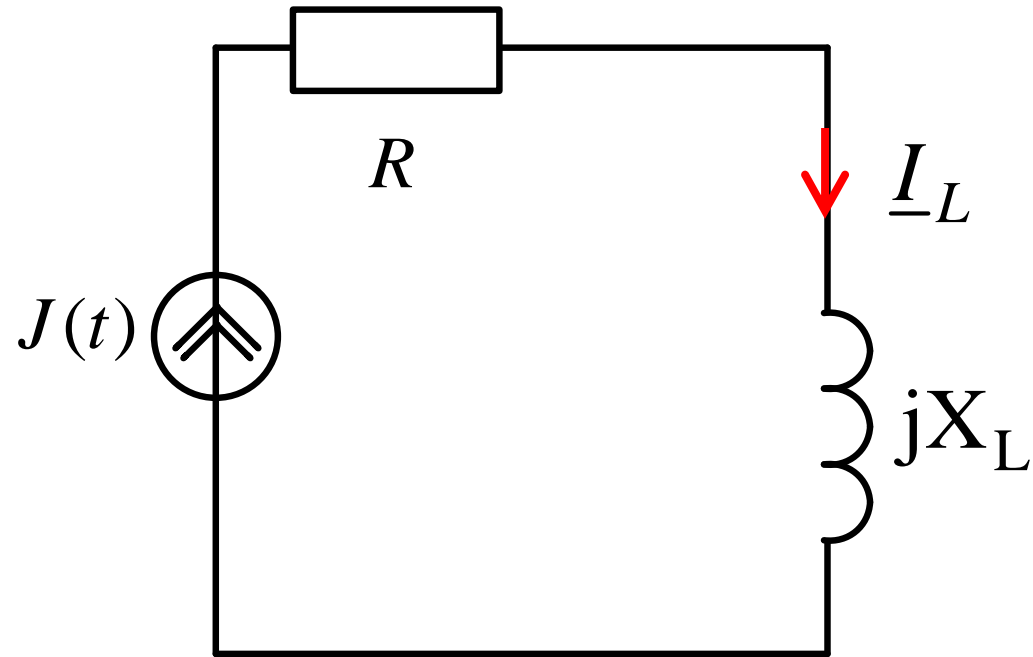
$$\mathbf{u}(t) = \mathbf{u}_{\text{пр}}(t) + \mathbf{B}e^{pt}$$

Пример:  $J(t) = 20\sqrt{2} \sin(100t + 45) \text{ A};$   
 $R = 10 \text{ Ом}; L = 0,1 \text{ Гн}.$



$U_J(t) - ?$

# 1. HHY

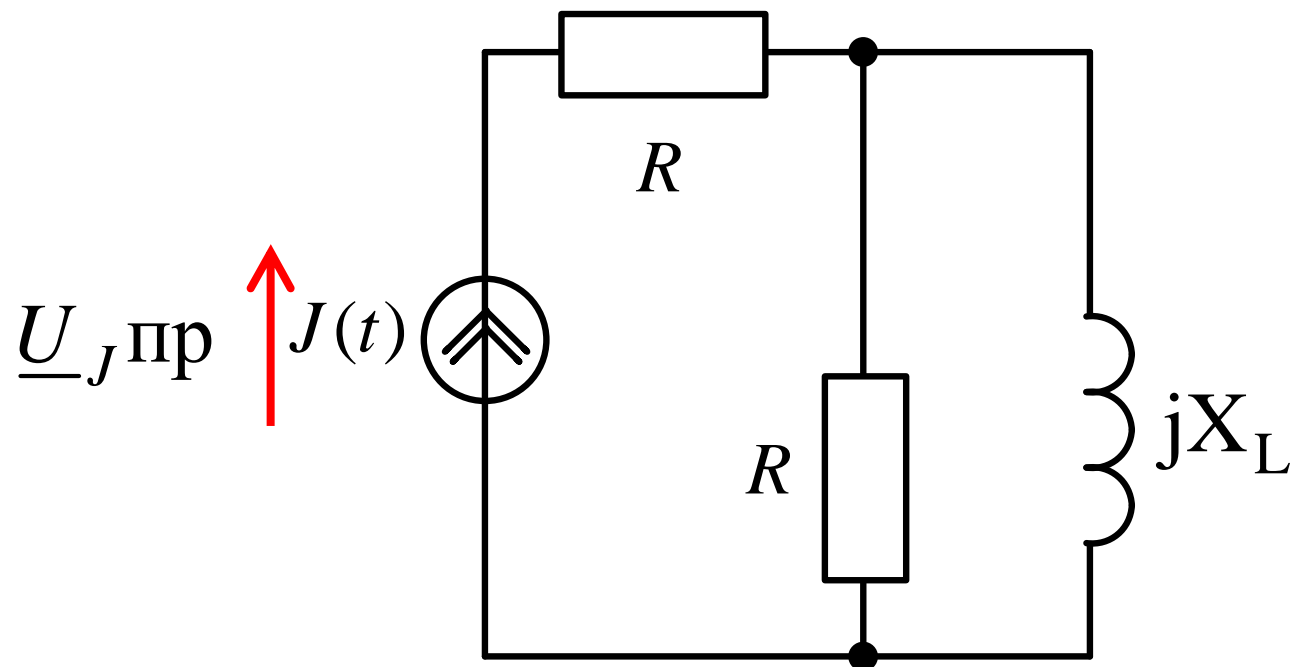


$$\underline{I}_L = \underline{J} = 20e^{j45^\circ}$$

$$i_L(t) = 20\sqrt{2} \sin(100t + 45)$$

$$i_L(0) = 20\sqrt{2} \sin(45) = 20\sqrt{2} \frac{\sqrt{2}}{2} = 20$$

### 3. Принуждённый режим $u_{Jnp} - ?$



$$\underline{Z} = R + \frac{R \cdot jX_L}{R + jX_L}$$

$$\underline{U}_{Jnp} = \underline{J} \cdot \underline{Z} = 20e^{j45} \left( \frac{10 \cdot j10}{10 + j10} + 10 \right) =$$

$$\begin{aligned}
\underline{U}_{J_{\text{np}}} &= \underline{J} \cdot \underline{Z} = 20e^{j45} \left( \frac{10 \cdot j10}{10 + j10} + 10 \right) = \\
&= 20e^{j45} \left( \frac{10 \cdot 10 \cdot e^{j90}}{10\sqrt{2}e^{j45}} + 10 \right) = \\
&= 20e^{j45} \left( \frac{10e^{j(90-45)}}{\sqrt{2}} + 10 \right) = 20e^{j45} \left( \frac{10e^{j45}\sqrt{2}}{\sqrt{2}\sqrt{2}} + 10 \right) = \\
&= 20e^{j45} \left( 5\sqrt{2}e^{j45} + 10 \right) = 20e^{j45} (5 + j5 + 10) =
\end{aligned}$$

$$20e^{j45} (5 + j5 + 10) = 20e^{j45} (15 + j5) =$$

$$20e^{j45} 15,811e^{j18,435} = 316,228e^{j63,435}$$

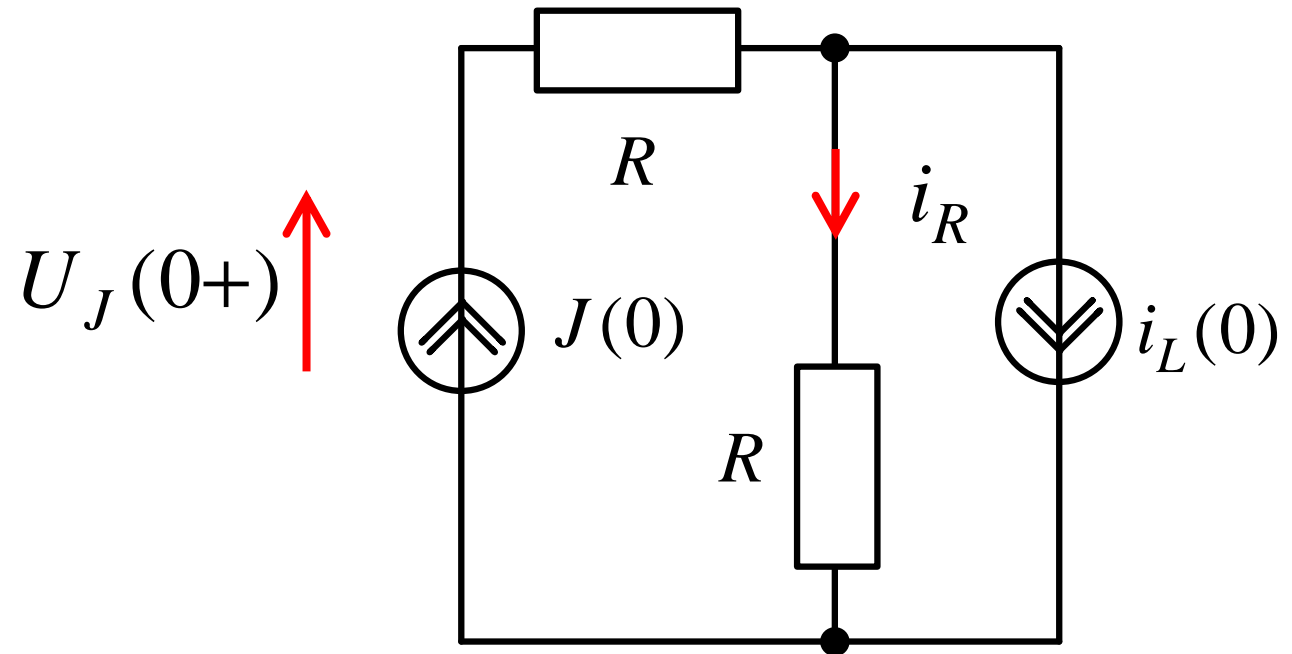
$$U_{Jnp}(t) = 316,2\sqrt{2} \sin(\omega t + 63,4)$$

$$U_{Jnp}(0) = 316,2\sqrt{2} \sin(63,4) = 400$$



## 2. 3HY $U_J(0_+)$ —?

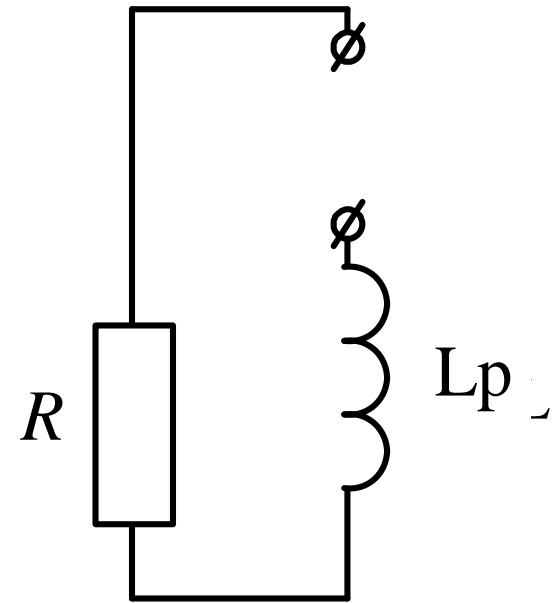
$$J(0) = 20\sqrt{2} \sin(45) = 20 \text{ A}$$



$$i_R = J(0) - i_L(0) = 20 - 20 = 0$$

$$U_J(0_+) = J(0) \cdot R + i_R \cdot R = 20 \cdot 10 = 200$$

4. p - ?



$$Lp + R = 0$$

$$p = -\frac{R}{L} = -\frac{10}{0,1} = -100 \frac{1}{c}$$

## 5. Постоянная интегрирования

$$A = U_J(0_+) - U_{J_{np}}(0)$$

$$A = 400 - 200 = -200$$

## 6. Окончательный результат

$$\begin{aligned} u_J(t) &= u_{J\text{пр}}(t) + Ae^{pt} = \\ &= 316,2\sqrt{2} \sin(\omega t + 63,4) + 200e^{-100t} \text{ В} \end{aligned}$$