

ТОЭ – часть 2

практическое занятие 16

Расчет отражения и преломления волн
в длинных линиях без потерь

Отражение и преломление волн происходит в местах **неоднородностей**, которыми могут быть **нагрузка** и другие **линии с другими** волновыми сопротивлениями.

При анализе **отражения и преломления** волн используются коэффициенты **отражения и преломления**:

а) **коэффициенты отражения**

$$K_u = -K_i = \frac{u_{\text{отр1}}}{u_{\text{пад1}}}$$

б) **коэффициенты преломления**

$$n_u = \frac{u_{\text{пад2}}}{u_{\text{пад1}}} \quad n_i = \frac{i_{\text{пад2}}}{i_{\text{пад1}}}$$

При расчете **отражения и преломления** волн используется **расчетная схема места неоднородности**.

Задача 1

Дано:

$$u_{\text{пад1}}=100 \text{ (кВ)};$$

$$Z_{B1}=400 \text{ (Ом)}; Z_{B2}=100 \text{ (Ом)}; L=1 \text{ (Гн)}.$$

Определить: в функции времени

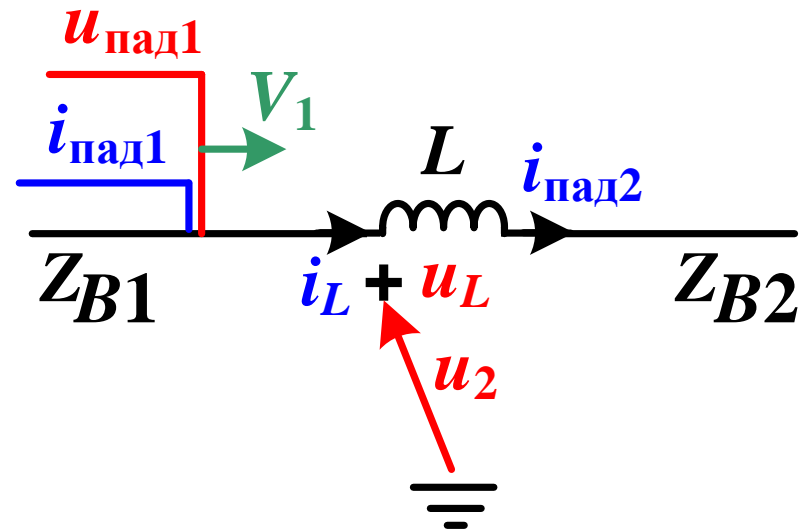
$$i_{\text{пад1}}=? \quad u_2=? \quad i_2=? \quad u_L=? \quad u_{\text{отр1}}=? \quad i_{\text{отр1}}=? \quad i_{\text{пад2}}=? \quad u_{\text{пад2}}=? \quad i_L=?$$

$$K_u=? \quad n_u=? \quad n_i=?$$

Нулевые начальные

$$\text{условия: } i_L(0^-)=i_L(0^+)=0;$$

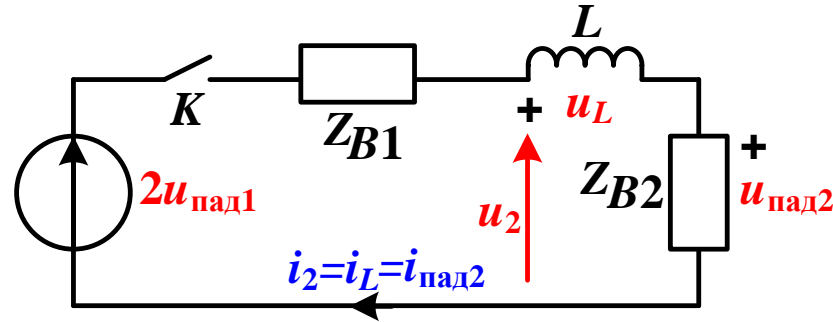
$$u_C(0^-)=u_C(0^+)=0.$$



Решение

$$i_{\text{пад1}} = \frac{u_{\text{пад1}}}{Z_{B1}} = \frac{100 \cdot 10^3}{400} = 250(\text{A});$$

Расчетная схема (цепь 1 порядка, один корень p):



$$i_2 = i_L = i_{\text{пад2}} = i_{2np} + [i_2(0+) - i_{2np}] e^{pt} =$$
$$= \frac{2u_{\text{пад1}}}{Z_{B1} + Z_{B2}} + \left[0 - \frac{2u_{\text{пад1}}}{Z_{B1} + Z_{B2}} \right] e^{-\frac{(Z_{B1} + Z_{B2})}{L}t} =$$

$$= 400 - 400e^{-500t} (\text{A});$$

$$u_{\text{пад2}} = Z_{B2} i_{\text{пад2}} = 40 - 40e^{-500t} (\text{кВ});$$

$$u_2 = 2u_{\text{пад1}} - Z_{B1}i_2 = 40 + 160e^{-500t} \text{ (кВ)};$$

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = 200e^{-500t} \text{ (кВ)};$$

$$u_{\text{отр1}} = u_2 - u_{\text{пад1}} = -60 + 160e^{-500t} \text{ (кВ)};$$

$$i_{\text{отр1}} = i_2 - i_{\text{пад1}} = 150 - 400e^{-500t} \text{ (А)};$$

$$K_u = -K_i = \frac{u_{\text{отр1}}}{u_{\text{пад1}}} = -0,6 + 1,6e^{-500t};$$

$$n_u = \frac{u_{\text{пад2}}}{u_{\text{пад1}}} = 0,4 - 0,4e^{-500t};$$

$$n_i = \frac{i_{\text{пад2}}}{i_{\text{пад1}}} = 1,6 - 1,6e^{-500t}.$$

Задача 2

Дано:

$$u_{\text{пад1}} = 100 \text{ (кВ)};$$

$$Z_{B1} = 500 \text{ (Ом)}; Z_{B2} = 250 \text{ (Ом)}; C = 10 \text{ (мкФ)} = 10^{-5} \text{ (Ф)}.$$

Определить: в функции времени

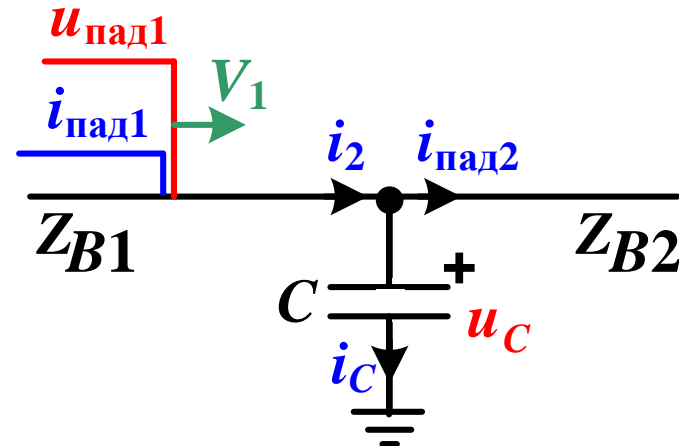
$$i_{\text{пад1}} = ? \quad u_2 = ? \quad i_2 = ? \quad u_C = ? \quad u_{\text{отр1}} = ? \quad i_{\text{отр1}} = ? \quad i_{\text{пад2}} = ? \quad u_{\text{пад2}} = ?$$

$$i_C = ? \quad K_u = ? \quad n_u = ? \quad n_i = ?$$

Нулевые начальные

$$\text{условия: } i_L(0-) = i_L(0+) = 0;$$

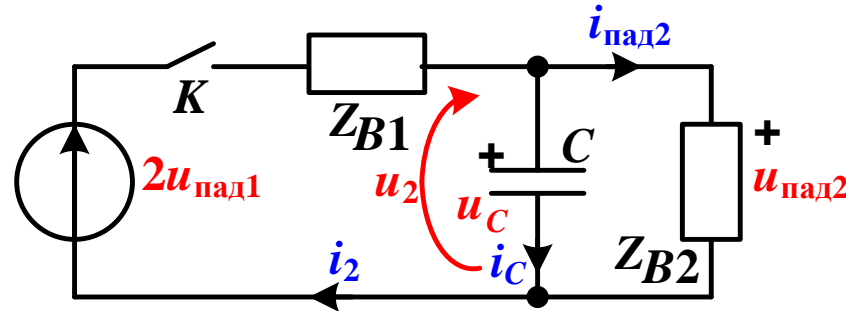
$$u_C(0-) = u_C(0+) = 0.$$



Решение

$$i_{\text{пад1}} = \frac{u_{\text{пад1}}}{Z_{B1}} = \frac{100 \cdot 10^3}{500} = 200 \text{ (А)};$$

Расчетная схема (цепь 1 порядка, один корень p):



$$\begin{aligned} i_2 &= i_{2np} + [i_2(0+) - i_{2np}] e^{pt} = \\ &= \frac{2u_{\text{пад1}}}{Z_{B1} + Z_{B2}} + \left[\frac{2u_{\text{пад1}}}{Z_{B1}} - \frac{2u_{\text{пад1}}}{Z_{B1} + Z_{B2}} \right] e^{-\frac{(Z_{B1} + Z_{B2})}{Z_{B1}Z_{B2}C}t} = \\ &= 266,67 + 133,33e^{-600t} \text{ (А)}; \end{aligned}$$

$$u_2 = u_C = u_{\text{пад2}} = 2u_{\text{пад1}} - Z_{B1}i_2 = 66,67 - 66,67e^{-600t} \text{ (кВ)};$$

$$i_{\text{пад2}} = \frac{u_{\text{пад2}}}{Z_{B2}} = 266,67 - 266,67e^{-600t} \text{ (A)};$$

$$i_C = C \frac{du_C}{dt} = 400e^{-600t} \text{ (A)};$$

$$u_{\text{отр1}} = u_2 - u_{\text{пад1}} = -33,33 - 66,67e^{-600t} \text{ (кВ)};$$

$$i_{\text{отр1}} = i_2 - i_{\text{пад1}} = 66,67 + 133,33e^{-600t} \text{ (A)};$$

$$K_u = -K_i = \frac{u_{\text{отр1}}}{u_{\text{пад1}}} = -0,33 - 0,67e^{-600t};$$

$$n_u = \frac{u_{\text{пад2}}}{u_{\text{пад1}}} = 0,67 - 0,67e^{-600t};$$

$$n_i = \frac{i_{\text{пад2}}}{i_{\text{пад1}}} = 1,33 - 1,33e^{-600t}.$$