

# ТОЭ – часть 2

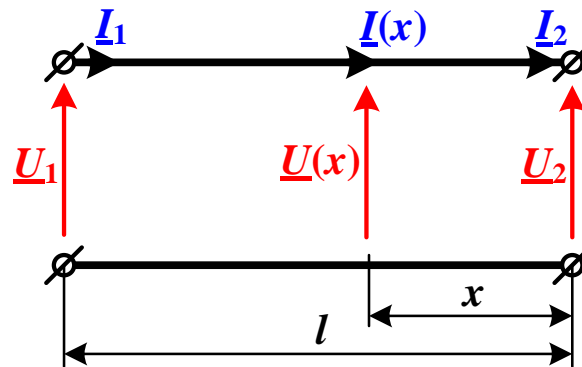
## практическое занятие 14

Расчет установившегося режима  
длинных линий без потерь

**Линией без потерь** считается линия, у которой  $R_0 \ll \omega L_0$  и  $G_0 \ll \omega C_0$ , поэтому  $R_0 \approx 0$ ,  $G_0 \approx 0$ :

$$\underline{Z}_B = Z_B = \sqrt{L_0/C_0}; \quad \underline{\gamma} = j\beta = j\omega\sqrt{L_0C_0}; \quad \alpha = 0; \quad \beta = \omega\sqrt{L_0C_0};$$

$$V = \omega/\beta = \frac{1}{\sqrt{L_0C_0}}; \quad \lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\omega\sqrt{L_0C_0}};$$



$$\begin{cases} \underline{U}(x) = \underline{U}_2 \cdot \cos \beta x + jZ_B \cdot \underline{I}_2 \cdot \sin \beta x \\ \underline{I}(x) = j \cdot \frac{\underline{U}_2}{Z_B} \cdot \sin \beta x + \underline{I}_2 \cdot \cos \beta x \end{cases}$$

# Задача 1

Дано: линия разомкнута на конце;

$$\underline{I}_1 = 10 \text{ (А)}; l = 25 \text{ (км)};$$

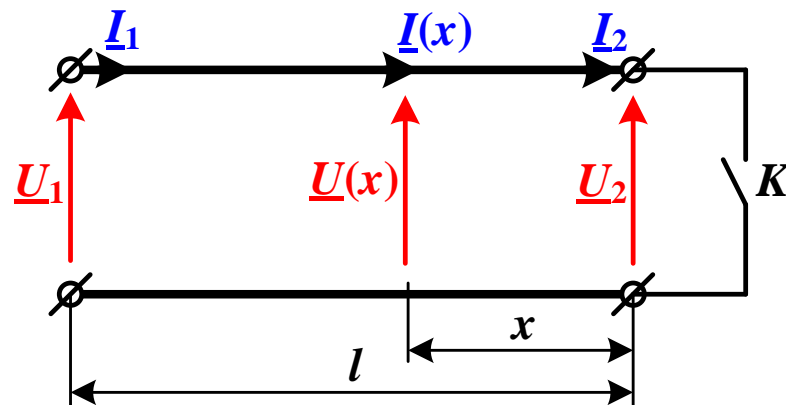
$$L_0 = 10^{-3} \text{ (Гн/км)}; C_0 = 10^{-7} \text{ (Ф/км)};$$

$$f = 1000 \text{ (Гц)}.$$

Определить:

$$\underline{U}_1 = ? \quad \underline{U}_2 = ? \quad \underline{I}_2 = ? \quad \underline{Z}_{BX} = ?$$

Режим холостого хода:  
линия разомкнута  
на конце,  $\underline{I}_2 = 0$ .



Решение:

$$\underline{Z}_B = Z_B = \sqrt{L_0/C_0} = 100(\text{ОМ}); \quad V = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} = 10^5 (\text{км/с});$$

$$\beta = \frac{\omega}{V} = \frac{2\pi f}{V} = 2\pi \cdot 10^{-2} (\text{р/км}).$$

При  $x=l$ ,  $\underline{I}_2=0$ :

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cdot \cos \beta l \\ \underline{I}_1 = j \cdot \frac{\underline{U}_2}{Z_B} \cdot \sin \beta l \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \underline{U}_2 = \frac{Z_B \underline{I}_1}{j \sin \beta l} = 1000 e^{-j90^\circ} (\text{В}); \\ \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cos \beta l = 0. \end{cases}$$

Входное сопротивление:

$$\underline{Z}_{BX} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} = 0.$$

# Задача 2

Дано:

$$\underline{U}_1 = 1000 \text{ (В)}; l = 100 \text{ (км)};$$

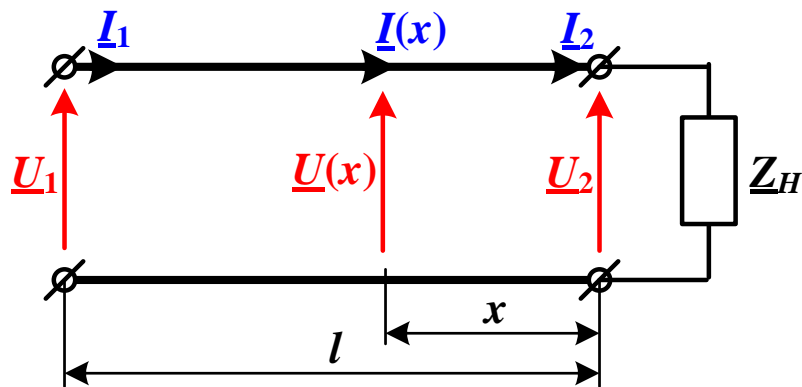
$$\underline{Z}_B = 500 \text{ (Ом)}; \underline{Z}_H = -j500 \text{ (Ом)};$$

$$f = 1000 \text{ (Гц)}; V = 3 \cdot 10^5 \text{ (км/с)}.$$

Определить:

$$\underline{U}_2 = ? \quad \underline{I}_1 = ? \quad \underline{I}_2 = ? \quad \underline{Z}_{BX} = ?$$

Режим реактивной  
(емкостной) нагрузки.



Решение:

$$\beta = \frac{\omega}{V} = \frac{2\pi f}{V} = \frac{2\pi}{3} \cdot 10^{-2} \text{ (p/км)}.$$

При  $x=l$ ,  $\underline{I}_2 = \underline{U}_2 / \underline{Z}_H$ :

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{U}_2 \cdot \cos \beta l + j \underline{Z}_B \cdot \underline{I}_2 \cdot \sin \beta l = \\ &= \underline{U}_2 \cdot \cos \beta l + j \underline{Z}_B \cdot \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_H} \cdot \sin \beta l, \end{aligned}$$

тогда

$$\begin{aligned} \underline{U}_2 &= \frac{\underline{U}_1}{\cos \beta l + j \frac{\underline{Z}_B}{\underline{Z}_H} \cdot \sin \beta l} = \\ &= \frac{1000}{\cos \frac{2\pi}{3} - \sin \frac{2\pi}{3}} = \frac{1000}{-0,5 - 0,866} \approx -732 = 732 e^{j180^\circ} \text{ (В)}. \end{aligned}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_H} = \frac{732e^{j180^\circ}}{-j500} \approx 1,46e^{j270^\circ} = 1,46e^{-j90^\circ} \text{ (A)}.$$

При  $x=l$ ,  $\underline{I}_2 = \underline{U}_2 / \underline{Z}_H$ :

$$\begin{aligned} \underline{I}_1 &= j \cdot \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_B} \cdot \sin \beta l + \underline{I}_2 \cdot \cos \beta l = j \cdot \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_B} \cdot \sin \beta l + \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_H} \cdot \cos \beta l = \\ &= \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_B} \left( j \sin \beta l + \frac{\underline{Z}_B}{\underline{Z}_H} \cos \beta l \right) = \frac{732e^{j180^\circ}}{500} \left( j \sin \frac{2\pi}{3} + j \cos \frac{2\pi}{3} \right) = \\ &= \frac{732e^{j180^\circ}}{500} (j0,866 - j0,5) \approx 0,536e^{j270^\circ} = 0,536e^{-j90^\circ} \text{ (A)}. \end{aligned}$$

Входное сопротивление:

$$\underline{Z}_{BX} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} = \frac{1000}{0,536e^{-j90^\circ}} \approx 1866e^{j90^\circ} \text{ (Ом)}.$$