

Исходные данные

$$R_0 := 5.5 \frac{\text{Om}}{\text{km}} \quad L_0 := 6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Гн}}{\text{км}} \quad C_0 := 20 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Ф}}{\text{км}} \quad g_0 := 0.65 \cdot 10^{-6} \frac{\text{См}}{\text{км}} \quad f := 300 \text{ Гц}$$

$$L := 200 \text{ км} \quad I_2 := 26.05 \cdot e^{12.9j} \quad Z_n := 1150 \cdot e^{-12.4j}$$

$$I_2 = 25.393 + 5.816j \quad Z_n = 1123.173 - 246.946j$$

$$R_n = 1123.173 \text{ Ом} \quad X_n = -246.946 \text{ Ом}$$

Определяем вторичные параметры линии

$$Z_L := \sqrt{\frac{R_0 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_0}{g_0 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_0}} = \sqrt{\frac{5.5 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 300 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{0.65 \cdot 10^{-6} + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 300 \cdot 20 \cdot 10^{-9}}} = 563.901 - 124.736j = 577.532 \cdot e^{-0.218j} \text{ Ом}$$

$$\gamma := \sqrt{(R_0 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_0) \cdot (g_0 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_0)}$$
$$= \sqrt{(5.5 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 300 \cdot 6 \cdot 10^{-3}) \cdot (0.65 \cdot 10^{-6} + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 300 \cdot 20 \cdot 10^{-9})} = 0.005 + 0.021j$$

$$\text{Получили} \quad Z_L := 577.532 \text{ Ом} \quad \phi_L := -0.218 \text{ рад} \quad \alpha = 0.005 \frac{1}{\text{км}} \quad \beta = 0.021 \frac{\text{рад}}{\text{км}}$$

Фазовая скорость и длина волны

$$V_\phi := \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\beta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 300}{0.021} \quad V_\phi = 89007.5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$\lambda := \frac{2 \cdot \pi}{\beta} = \frac{2 \cdot \pi}{0.021} = 299.2 \text{ км}$$

$$\text{Для данной задачи} \quad U_2 := I_2 \cdot Z_n = (25.393 + 5.816j) \cdot (1123.173 - 246.946j) \quad \text{В}$$

$$U_2 = 29956.359 + 261.425j$$

Для расчета действующего значения напряжения вдоль линии воспользуемся уравнением

$$U(y) := U_2 \cdot \cosh((\alpha + j \cdot \beta) \cdot y) + I_2 \cdot Z_L \cdot \sinh((\alpha - j \cdot \beta) \cdot y)$$

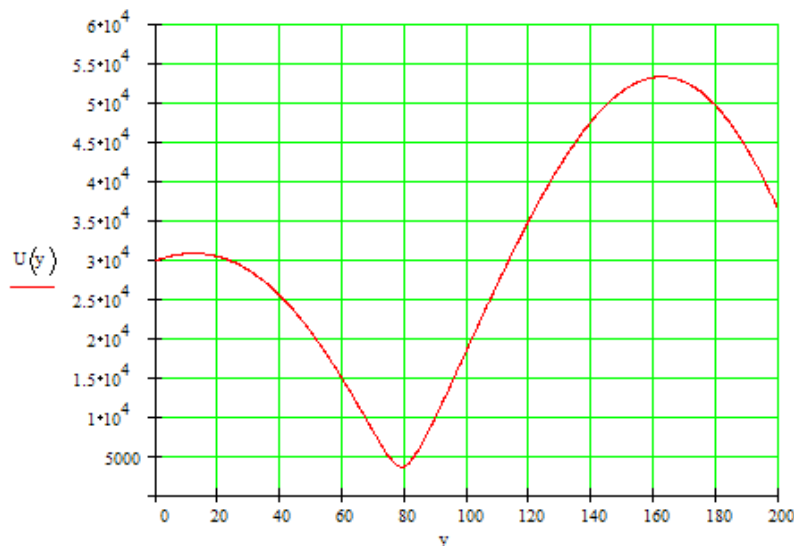
$$A(y) := \text{Re}(U(y)) = \text{Re}(29956.359 \cdot \cosh((0.005 + 0.021j) \cdot y) + (25.393 + 5.816j) \cdot 577.532 \cdot \sinh((0.005 - 0.021j) \cdot y))$$

$$= 29956.359 \cdot \cosh(0.005 \cdot y) \cdot \cos(0.021 \cdot y) + 14665 \cdot \sinh(0.005 \cdot y) \cdot \cos(0.021 \cdot y) + 3358.73 \cdot \cosh(0.005 \cdot y) \cdot \sin(0.021 \cdot y)$$

$$B(y) := \text{Im}(U(y)) = \text{Im}(29956.359 \cdot \cosh((0.005 + 0.021j) \cdot y) + (25.393 + 5.816j) \cdot 577.532 \cdot \sinh((0.005 - 0.021j) \cdot y))$$

$$= 29956.359 \cdot \sinh(0.005 \cdot y) \cdot \sin(0.021 \cdot y) - 14665 \cdot \cosh(0.005 \cdot y) \cdot \sin(0.021 \cdot y) + 3358.73 \cdot \sinh(0.005 \cdot y) \cdot \cos(0.021 \cdot y)$$

$$U(y) := \sqrt{A(y)^2 + B(y)^2}$$



y	A(y)	B(y)	U(y)
0	29956.4	261.4	29957.5
20	30184.1	-4257.5	30482.8
40	24756.3	-6002.5	25473.6
60	13889.8	-5436.4	14915.8
80	-1244	-3585.1	3794.8
100	-18531.4	-1715.1	18610.6
120	-35094.3	-973.3	35107.8
140	-47648.9	-2069.2	47693.8
160	-53025.7	-5063.3	53266.9
180	-48790.9	-9308.1	49670.9
200	-33873.4	-13560.7	36487

График распределения действующего напряжения в линии

Для определения активной мощности, подводимой к линии  $P_1 = \text{Re}(U_1 \overline{I_1})$

необходимо найти комплексные действующие значения тока и напряжения в начале линии

$$\begin{aligned}
 U_1 &:= U_2 \cdot \cosh(\gamma \cdot L) + I_2 \cdot Z_L \cdot \sinh(\gamma \cdot L) \\
 &= (29956.359 + 261.425j) \cdot \cosh(1.014 + 4.235j) + (14665 + 3358.73j) \cdot \sinh((1.014 + 4.235j)) \\
 U_1 &= -24566.726 - 54195.933j
 \end{aligned}$$

Для тока

$$\begin{aligned}
 I_1 &:= I_2 \cdot \cosh(\gamma \cdot L) + \frac{U_2}{Z_L} \cdot \sinh(\gamma \cdot L) = (25.393 + 5.816j) \cdot \cosh(1.014 + 4.235j) + \frac{29956.359 + 261.425j}{577.532} \cdot \sinh(1.014 + 4.235j) \\
 I_1 &= -39.856 - 103.269j
 \end{aligned}$$

$$U_1 \overline{I_1} = 6.58 \cdot 10^6 - 3.77 \cdot 10^5 j \quad P_1 := 6.58 \cdot 10^6 \quad \text{Вт}$$

$$\text{Активная мощность рассеиваемая на нагрузке} \quad P_2 := I_2^2 \cdot R_n = 26.05^2 \cdot 1123.173 = 7.622 \cdot 10^5 \quad \text{Вт}$$

Вторичные параметры для линии без потерь получим приняв  $R_0 := 0 \quad g_0 := 0 \quad \alpha := 0$

Тогда

$$Z_L := \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = \sqrt{\frac{0.006}{2 \cdot 10^{-8}}} = 547.723 \quad \text{Ом}$$

$$\gamma := j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \sqrt{L_0 \cdot C_0} = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 300 \cdot \sqrt{0.006 \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = 0.0206j \quad \gamma = 0.0206j \quad \text{км}^{-1} \quad \beta := 0.0206 \quad \frac{\text{рад}}{\text{км}}$$

Фазовая скорость и длина волны

$$V_\phi := \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\beta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 300}{0.0206} \quad V_\phi = 91502.7 \quad \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$\lambda := \frac{2 \cdot \pi}{\beta} = \frac{2 \cdot \pi}{0.0206} = 305.01 \quad \text{км}$$

Для расчета действующего значения напряжения вдоль линии воспользуемся уравнением

$$U(y) := U_2 \cdot \cosh((\alpha + j\beta) \cdot y) + I_2 \cdot Z_L \cdot \sinh((\alpha - j\beta) \cdot y)$$

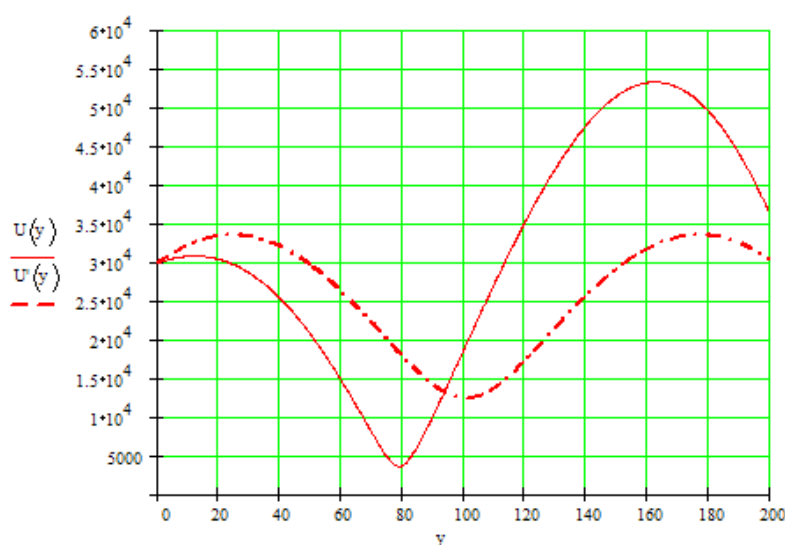
$$A(y) := \operatorname{Re}(U(y)) = \operatorname{Re}((29956.359 + 261.425j) \cdot \cosh(j \cdot 0.0206 \cdot y) + (13908.06 + 3185.37j) \cdot \sinh(-j \cdot 0.0206 \cdot y))$$

$$A(y) := 29956.359 \cdot \cos(0.0206 \cdot y) + 13908.06 \cdot \sin(0.0206 \cdot y)$$

$$B(y) := \operatorname{Im}(U(y)) = \operatorname{Im}((29956.359 + 261.425j) \cdot \cosh(j \cdot 0.0206 \cdot y) + (13908.06 + 3185.37j) \cdot \sinh(-j \cdot 0.0206 \cdot y))$$

$$B(y) := -3185.37 \cdot \sin(0.0206 \cdot y)$$

$$U(y) := \sqrt{A(y)^2 + B(y)^2}$$



y	A(y)	B(y)	U(y)
0	29956.359	261.425	29957.5
20	33019.046	-5329.833	33446.443
40	30555.782	-10029.109	32159.584
60	22978.811	-13049.949	26425.876
80	11556.188	-13886.794	18066.227
100	-1800.439	-12399.59	12529.629
120	-14855.75	-8837.246	17285.55
140	-25424.85	-3795.925	25706.659
160	-31738.94	1880.669	31794.617
180	-32741.32	7242.52	33532.793
200	-28264.22	11392.29	30473.769

График распределения действующего напряжения в линии показан пунктиром, для сравнения оставили на графике сплошной линией прежнее распределение, полученное для линии с потерями.

Убедимся, что в линии без потерь отсутствуют потери активной мощности. Для определения действующих значений тока и напряжения в начале линии воспользуемся уравнениями при  $y = L$

$$U_1 := U_2 \cdot \cos(\beta \cdot L) + j \cdot Z_L \cdot I_2 \cdot \sin(\beta \cdot L)$$

$$= (29956.359 + 261.425j) \cdot \cos(4.12) + j \cdot (13908.06 + 3185.37j) \cdot \sin(4.12) = -16871.935 - 14180.866j$$

$$I_1 := I_2 \cdot \cos(\beta \cdot L) + j \cdot \frac{U_2}{Z_L} \cdot \sin(\beta \cdot L) = (25.393 + 5.816j) \cdot \cos(4.12) + j \cdot (54.693 + 0.477j) \cdot \sin(4.12) = -13.782 - 48.621j$$

$$U_1 \cdot \overline{I_1} = 7.622 \cdot 10^5 - 5.237 \cdot 10^5 j$$

Активная мощность подводимая к линии  $P_1 := 7.622 \cdot 10^5$  Вт