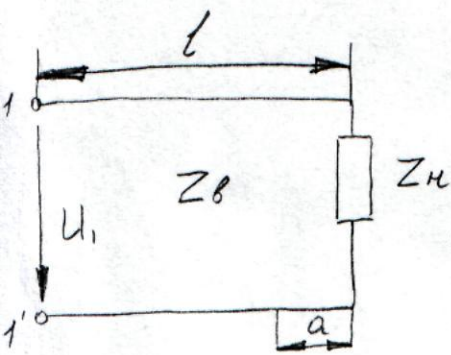


Курсовая работа 22 Передаваемая

- 1 -



Дано

$$\beta \left(1 + \frac{3}{10}\right) 2 = 1,32 \quad K_c = 2,3 \quad \frac{a}{\lambda} = 0,2$$

$$U_1 = 15 \text{ мВ}$$

$$f = 30 \cdot 10^6 \text{ Гц} \quad Z_b = 40 \text{ Ом}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{30 \cdot 10^6} = 10 \text{ м} \quad l = 6,5 \text{ м} \quad a = 1 \text{ м} \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{10}$$

$$1) Z_{\text{н}} = Z_b \cdot \frac{1 - j K_c \cdot \tan \beta a}{K_c - j \tan \beta a} = 40 \cdot \frac{1 - j 2,3 \cdot \tan \left(\frac{2\pi}{5}\right)}{2,3 - j \tan \left(\frac{2\pi}{5}\right)} = 40 \cdot \frac{1 - 7,08j}{2,3 - 5,08j} =$$

$$= 40 \cdot \frac{7,15 \angle -82}{3,84 \angle -53,2} = 74,48 \angle -28,8 \text{ Ом} = 65,27 - j35,88 \text{ Ом}$$

$$Z_{\text{вх}} = 40 \cdot \frac{65,27 - j35,88 + j40 \tan \left(\frac{13\pi}{5}\right)}{40 + j74,48 \angle -28,8 \cdot \tan \left(\frac{13\pi}{5}\right)} = 32,3 \angle 41,6 \text{ Ом} = 24,15 + j21,44 \text{ Ом}$$

② Действующие значения падающей и отраженной волн напряжения и тока в конце линии останутся без изменений.

③ Расчет действующих значений напряжения и тока вдоль линии, в ф-и от координаты, отсчитываемой от конца линии.

$$U_1 = U_2 \cdot \cos \beta l + j U_2 \cdot \frac{Z_b}{Z_{\text{н}}} \sin \beta l$$

$$U(0) = 20,83 \cdot \cos \left(0 \cdot \frac{2\pi}{5}\right) + j \cdot 20,83 \cdot \frac{40}{74,48 \angle -28,8} \sin \left(0 \cdot \frac{2\pi}{5}\right) = 20,83 \text{ мВ}$$

$$U(0,25) = 20,83 \cdot \cos \left(\frac{0,25 \cdot 2\pi}{5}\right) + j \cdot 20,83 \cdot \frac{40}{74,48 \angle -28,8} \cdot \sin \left(\frac{0,25 \cdot 2\pi}{5}\right) = 18,39 \angle 9,5 \text{ мВ}$$

$$U(0,5) = 14,85 \angle 22,9 \text{ мВ}$$

$$U(0,75) = 11,18 \angle 45,2 \text{ мВ}$$

$$U(1) = 9,41 \angle 82 \text{ мВ}$$

$$U(1,25) = 11,19 \angle 118,8 \text{ мВ}$$

$$U(1,5) = 14,86 \angle 141,1 \text{ мВ} \quad \text{и т.д.}$$

-2-

$$I(y) = \frac{U_2}{Z_H} \cdot \cos \beta y + j \frac{U_2}{Z_0} \sin \beta y$$

$$I(0) = \frac{U_2}{Z_H} = \frac{20,83}{74,48 \angle -28,8} = 0,28 \angle 28,8 \text{ мА}$$

$$I(0,25) = \frac{20,83}{74,48 \angle -28,8} \cdot \cos\left(\frac{0,25 \cdot 2 \cdot \pi}{5}\right) + j \frac{20,83}{40} \sin\left(\frac{0,25 \cdot 2 \cdot \pi}{5}\right) = 0,37 \angle 51,6 \text{ мА}$$

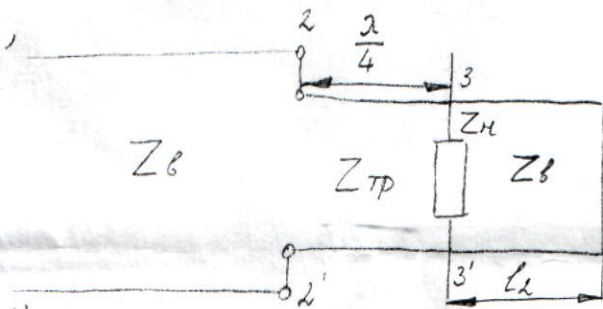
$$I(0,5) = 0,46 \angle 64 \text{ мА}$$

$$I(0,75) = 0,52 \angle 74,4 \text{ мА}$$

$$I(1) = 0,545 \angle 82 \text{ мА}$$

$$I(2,25) = 0,233 \angle 172,1 \text{ мА}$$

④ Расчет параметров согласующего устройства



$$Y_H = \frac{1}{65,27 - j35,88} = \frac{65,27 + j35,88}{65,27^2 + 35,88^2} \text{ См}$$

$$Y_{вхл} = \frac{1}{jZ_0 \tan \beta l_2} = -j \frac{1}{40} \cot \beta l_2$$

$$Y_H + Y_{вхл} = \frac{1}{R_3} \quad \frac{35,88}{65,27^2 + 35,88^2} = \frac{1}{40} \cot \beta l_2 \Rightarrow \cot \beta l_2 = 0,26$$

$$\tan \beta l_2 = 3,87 \Rightarrow \beta l_2 = 75,5^\circ \Rightarrow l_2 = \frac{75,5 \cdot \pi \cdot 5}{180 \cdot 2\pi} = 1,05 \text{ м} = 0,212$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{65,27}{65,27^2 + 35,88^2} \Rightarrow \underline{R_3 = 85 \text{ Ом}}$$

$$Z_{тр} = \sqrt{Z_0 \cdot R_3} = \sqrt{40 \cdot 85} = \underline{58,3 \text{ Ом}}$$

⑤ Расчет действующих значений напряжения и тока на всех участках линии.

Положим $U_H = 20,83 \text{ мВ}$

а) Для линии длиной $\frac{\lambda}{4}$

$$U(y) = U_2 \cdot \cos \beta l + j \frac{U_2}{Z_{\text{TP}}} \sin \beta l = 20,83 \cdot \cos \beta l + j \cdot 20,83 \cdot \frac{58,3}{85} \sin \beta l$$

$$U(0,25) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5}\right) + j \cdot 14,29 \cdot \sin\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5}\right) = 20,29 \angle 12,6 \text{ мВ и т.д.}$$

$$U(0,5) = 18,83 \angle 26,5 \text{ мВ}$$

$$U(0,75) = 16,84 \angle 43,4 \text{ мВ}$$

$$U(1) = 15,04 \angle 64,6 \text{ мВ}$$

$$U(1,25) = 14,29 \angle 90 \text{ мВ} - \text{напряжение генератора}$$

$$I(y) = \frac{U_2}{Z_{\text{н}}} \cdot \cos \beta y + j \frac{U_2}{Z_{\text{TP}}} \sin \beta y = \frac{20,83}{85} \cdot \cos \beta y + j \frac{20,83}{58,3} \sin \beta y$$

$$I(0) = \frac{20,83}{85} = 0,25 \text{ мА}$$

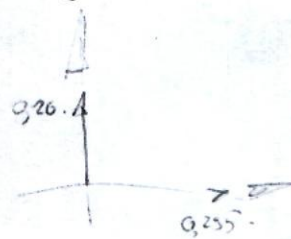
$$I(0,25) = 0,25 \cdot \cos\left(\frac{0,25 \cdot 2 \cdot \pi}{5}\right) + j \cdot 0,36 \cdot \sin\left(\frac{0,25 \cdot 2 \cdot \pi}{5}\right) = 0,26 \angle 25,4 \text{ мА}$$

$$I(0,5) = 0,29 \angle 46,4 \text{ мА}$$

$$I(0,75) = 0,32 \angle 64,2 \text{ мА}$$

$$I(1) = 0,35 \angle 77,4 \text{ мА}$$

$$I(1,25) = 0,36 \angle 90 \text{ мА}$$



б) Для короткозамкнутой линии, длиной 1,05 м

$$U(y) = j I_2 \cdot Z_0 \cdot \sin \beta y \quad I(y) = I_2 \cdot \cos \beta y$$

$$I_2 = \frac{U(1,05)}{j Z_0 \cdot \sin \beta \cdot 1,05} = \frac{20,83}{j 40 \cdot \sin\left(\frac{1,05 \cdot 2 \pi}{5}\right)} = 0,54 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(0) = I_2 = 0,54 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(0,25) = 0,54 \angle -90 \cdot \cos\left(\frac{0,25 \cdot 2 \cdot \pi}{5}\right) = 0,51 \angle -90 \text{ мА и т.д.}$$

$$I(0,5) = 0,43 \angle -90 \text{ мА}; I(0,75) = 0,32 \angle -90 \text{ мА}; I(1) = 0,17 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(1,05) = 0,13 \angle -90 \text{ мА}$$

$$U(0) = j \cdot 0,54 \angle -90 \cdot 40 \cdot \sin\left(\frac{0 \cdot 2 \pi}{5}\right) = 0 \text{ мВ}$$

$$U(0,25) = 6,65 \text{ мВ}; U(0,5) = 12,64 \text{ мВ}; U(0,75) = 17,4 \text{ мВ}; U(1) = 20,45 \text{ мВ}$$

в) Векторная диаграмма токов в месте подключения шунта.

$$I_{\text{TP}} = 0,25 \text{ мА} \quad I_{\text{ш}} = 0,13 \angle -90 \text{ мА} \quad I_{\text{н}} = \frac{20,83}{74,48 \angle -28,8} = 0,28 \angle 28,8 \text{ мА}$$

$$I_{\text{TP}} = I_{\text{ш}} + I_{\text{н}} = 0,25 - 0,13j + 0,13j = 0,25 \text{ мА} \quad I_{\text{н}} = 0,25 + j 0,13 \text{ мА}$$

⑦ построить мгновенные значения напряжения между двумя точками, находящимися на расстоянии -

⑧ построить мгновенные значения напряжения для двух точек линии, находящихся на расстоянии $\frac{\lambda}{4}$ друг от друга

$$U(y) = U_2 (\cos \beta y + j \sin \beta y) = U_2 e^{j\beta y}$$

$$U = U_{2m} \sin(\omega t + \beta y) \quad \omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 30 \cdot 10^6 \text{ Гц} = 188,5 \cdot 10^6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Точки отмечены на графике 3

Для ① точки: $U(y) = U_2 \Rightarrow U = U_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \omega t$

Для ② точки $U(y) = U_2 \cdot e^{j(\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{\pi}{4})} = U_2 \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \Rightarrow U = U_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$$U^{(1)} = 14,29 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(188,5 \cdot 10^6 \cdot t) = 14,29 \sqrt{2} \sin(2\pi f \cdot t)$$

$$U^{(2)} = 14,29 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(188,5 \cdot 10^6 \cdot t + \frac{\pi}{2}) = 14,29 \cdot \sqrt{2} \cos(188,5 \cdot 10^6 \cdot t)$$

$$t = 0$$

$$U^{(1)} = 0 \quad U^{(2)} = 20,21 \text{ мВ}$$

$$t = \frac{1}{20f} = 1,67 \cdot 10^{-9} \text{ с} \quad U^{(1)} = 14,29 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{10}\right) = 6,24 \text{ мВ}$$

$$U^{(2)} = 14,29 \cdot \sqrt{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{10}\right) = 19,22 \text{ мВ}$$

$$t = \frac{1}{10f} = 3,33 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

$$U^{(1)} = 14,29 \sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{5}\right) = 11,88 \text{ мВ}$$

$$U^{(2)} = 14,29 \cdot \sqrt{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{5}\right) = 16,35 \text{ мВ}$$

$$t = \frac{3}{20f} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

$$U^{(1)} = 16,35 \text{ мВ} \quad U^{(2)} = 11,88 \text{ мВ}$$

$$t = \frac{4}{20f} = \frac{1}{5f} = 6,67 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

$$U^{(1)} = 19,22 \text{ мВ} \quad U^{(2)} = 6,24 \text{ мВ}$$

$$t = \frac{5}{20f} = \frac{1}{4f} = 8,33 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

$$U^{(1)} = 20,21 \text{ мВ} \quad U^{(2)} = 0 \text{ мВ и т.д.}$$

Курсовая работа ч. 2

Длинные линии в установившемся режиме

Дано - 1 -

$$l = \left(1 + \frac{3}{10}\right) \lambda = 1,3 \lambda \quad K_c = 2,3 \quad \frac{a}{\lambda} = 0,2$$

$$U_1 = 15 \text{ мВ}$$

$$f = 30 \cdot 10^6 \text{ Гц} \quad Z_B = 40 \text{ Ом}$$

$$V_{\varphi} \neq C$$

$$\lambda = \frac{1}{30 \cdot 10^6} \cdot 3 \cdot 10^8 = 10 \text{ м}; \quad l = 13 \text{ м}; \quad a = 2 \text{ м}; \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{5};$$

$$Z_{Bx}(a) = Z_B \frac{Z_H + j Z_B \operatorname{tg} \beta a}{Z_B + j Z_H \operatorname{tg} \beta a} = Z_B \cdot \frac{1}{K_c}$$

$$(Z_H + j Z_B \operatorname{tg} \beta a) \cdot K_c = Z_B + j Z_H \operatorname{tg} \beta a$$

$$Z_H \cdot K_c + j Z_B K_c \operatorname{tg} \beta a = Z_B + j Z_H \operatorname{tg} \beta a$$

$$Z_H (K_c - j \operatorname{tg} \beta a) = Z_B (1 - j K_c \operatorname{tg} \beta a)$$

$$Z_H = Z_B \frac{1 - j K_c \operatorname{tg} \beta a}{K_c - j \operatorname{tg} \beta a} = 40 \cdot \frac{1 - j 2,3 \operatorname{tg} \left(\frac{2\pi}{5}\right)}{2,3 - j \operatorname{tg} \left(\frac{2\pi}{5}\right)} = 40 \cdot \frac{1 - 7,08j}{2,3 - 3,08j} =$$

$$= 40 \cdot \frac{7,15 \angle -82}{3,84 \angle -53,2} = 74,48 \angle -28,8 \text{ Ом} = 65,27 - j 35,88 \text{ Ом}$$

$$Z_{Bx} = 40 \cdot \frac{65,27 - j 35,88 + j 40 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{13\pi}{5}\right)}{40 + j 74,48 \angle -28,8 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{13\pi}{5}\right)} =$$

$$= 40 \cdot \frac{65,27 - j 35,88 - 123,11j}{40 - 229,23 \angle 61,2} = 40 \cdot \frac{65,27 - 159j}{-70,43 - 200,88j} = 40 \cdot \frac{171,88 \angle -67,5}{212,87 \angle 250,5}$$

$$Z_{Bx} = 32,3 \angle 41,6 \text{ Ом} = 24,15 + 21,44j \text{ Ом}$$

② Действующие значения падающей и отраженной волн напряжения и тока в конце линии.

Сел.
Вн. лаборант
Задание

12.11.11

-2-

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \cos \beta l + j \dot{U}_2 \frac{Z_0}{Z_H} \sin \beta l$$

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \left(\cos \left(\frac{13\pi}{5} \right) + j \frac{40}{74,48 \angle -28,8} \cdot \sin \left(\frac{13\pi}{5} \right) \right)$$

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 (-0,31 + j0,51 \angle 118,8) = \dot{U}_2 (-0,56 + j0,45) = \dot{U}_2 \cdot 0,72 \angle 141,2$$

$$\dot{U}_2 = \frac{\dot{U}_1}{0,72 \angle 141,2} = \frac{15 \text{ мВ}}{0,72 \angle 141,2} = 20,83 \angle -141,2 \text{ мВ}$$

Итого через $\dot{U}_2 = 20,83 \text{ мВ}$, а $\dot{U}_1 = 15 \angle 141,2 \text{ мВ}$

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = \dot{U}_{\text{анр}} + \dot{U}_{\text{обр}} \rightarrow \dot{U}_{\text{обр}} = \dot{U}_2 - \dot{U}_{\text{анр}}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{\text{анр}}}{Z_0} - \frac{\dot{U}_{\text{обр}}}{Z_0} \rightarrow \dot{U}_{\text{анр}} = \dot{I}_2 Z_0 + \dot{U}_{\text{обр}}$$

$$\dot{U}_{\text{обр}} = \dot{U}_2 - \dot{I}_2 Z_0 - \dot{U}_{\text{обр}} \Rightarrow \dot{U}_{\text{обр}} = \frac{\dot{U}_2 - \dot{I}_2 Z_0}{2} = \frac{\dot{U}_2}{2} \left[1 - \frac{Z_0}{Z_H} \right]$$

$$\dot{U}_{\text{анр}} = \frac{Z_0}{Z_H} \dot{U}_2 + \frac{\dot{U}_2}{2} - \frac{\dot{U}_2}{2} \frac{Z_0}{Z_H} = \frac{\dot{U}_2}{2} \left[1 + \frac{Z_0}{Z_H} \right] = \dot{U}_{\text{анр}}$$

$$\dot{U}_{\text{анр}} = \frac{20,83}{2} \left[1 + \frac{40}{74,48 \angle -28,8} \right] = 10,415 (1 + 0,54 \angle 28,8) = 10,415 (1,47 + j0,26) = 15,31 + 2,71j = 15,55 \angle 10 \text{ мВ}$$

$$\dot{U}_{\text{обр}} = 10,415 (1 - 0,54 \angle 28,8) = 10,415 (0,53 - j0,26) = 5,52 - 2,71j = 6,15 \angle -26,1 \text{ мВ}$$

$$\dot{I}_{\text{анр}} = \frac{\dot{U}_{\text{анр}}}{Z_0} = \frac{15,55 \angle 10}{40} = 0,39 \angle 10 \text{ мА}$$

$$\dot{I}_{\text{обр}} = - \frac{6,15 \angle -26,1}{40} = -0,15 \angle -26,1 \text{ мА} = 0,15 \angle 153,9 \text{ мА}$$

③ Расчет действующих значений напряжения и тока вдоль линии, в ф-ции от координаты, отсчитываемой от конца линии.

$$U(0) = 20,83 \cdot \cos 0 + j 20,83 \cdot \frac{Z_0}{74,48 \angle -28,8} \sin 0 = 20,83 \text{ мВ}$$

$$U(1) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{5}\right) = 16,85 + 6,58 \angle 118,8 = \\ = 13,68 + j 5,77 = 14,85 \angle 22,9 \text{ мВ}$$

$$U(2) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{5}\right) = 6,44 + 10,64 \angle 118,8 = \\ = 1,31 + 9,32j = 9,41 \angle 82 \text{ мВ}$$

$$U(1,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{1,5 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{1,5 \cdot \pi}{5}\right) = 12,24 + 9,05 \angle 118,8 = \\ = 7,88 + j 7,93 = 11,18 \angle 45,2 \text{ мВ}$$

$$U(0,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5}\right) = 19,81 + 3,46 \angle 118,8 = \\ = 18,14 + 3,03j = 18,39 \angle 9,5 \text{ мВ}$$

$$U(2,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{2,5 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{2,5 \cdot \pi}{5}\right) = 11,19 \angle 118,8 \text{ мВ}$$

$$U(3) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{3 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{3 \cdot \pi}{5}\right) = -6,44 + 10,64 \angle 118,8 = \\ = -11,57 + 9,32j = 14,86 \angle 141,1 \text{ мВ}$$

$$U(3,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{3,5 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{3,5 \cdot \pi}{5}\right) = -12,24 + 9,05 \angle 118,8 = \\ = -16,6 + 7,93j = 18,39 \angle 154,5 \text{ мВ}$$

$$U(4) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{4 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{4 \cdot \pi}{5}\right) = -20,02 + 5,76j = 20,83 \angle 164$$

$$U(4,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{4,5 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{4,5 \cdot \pi}{5}\right) = -19,81 + 3,46 \angle 118,8 = \\ = -21,48 + 3,03j = 21,69 \angle 172,0 \text{ мВ}$$

$$U(5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{5 \cdot \pi}{5}\right) + 11,19 \angle 118,8 \cdot \sin\left(\frac{5 \cdot \pi}{5}\right) = 20,83 \angle 180 \text{ мВ}$$

$$I(y) = \frac{U_2}{Z_H} \cos \beta y + j \frac{U_2}{Z_0} \sin \beta y$$

$$I(0) = \frac{U_2}{Z_H} = \frac{20,83}{74,48 \angle -28,8} = 0,28 \angle 28,8 \text{ мА}$$

$$I(0,5) = 0,28 \angle 28,8 \cdot \cos\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5}\right) + 0,52 \angle 90 \cdot \sin\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5}\right) = 0,23 + 0,29j = 0,37 \angle 51,6 \text{ мА}$$

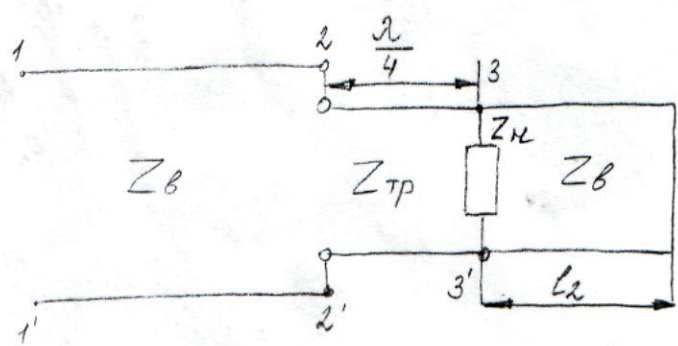
$$I(1) = 0,28 \angle 28,8 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{5}\right) + j \cdot 0,52 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{5}\right) = 0,2 + 0,41j = 0,46 \angle 64 \text{ мА}$$

$$I(1,5) = 0,28 \angle 28,8 \cdot \cos\left(\frac{1,5 \cdot \pi}{5}\right) + j \cdot 0,52 \cdot \sin\left(\frac{1,5 \cdot \pi}{5}\right) = 0,14 + 0,5j = 0,52 \angle 74,4 \text{ мА}$$

$$I(2) = 0,28 \angle 28,8 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{5}\right) + j \cdot 0,52 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{5}\right) = 0,076 + 0,54j = 0,545 \angle 82 \text{ мА}$$

$$I(4,5) = 0,28 \angle 28,8 \cdot \cos\left(\frac{4,5 \cdot \pi}{5}\right) + j \cdot 0,52 \cdot \sin\left(\frac{4,5 \cdot \pi}{5}\right) = -0,23 + 0,032j = 0,233 \angle 172,1 \text{ мА}$$

④ Расчет параметров согласующего устройства.



$$Y_H = \frac{1}{65,27 - j35,88} = \frac{65,27 + j35,88}{65,27^2 + 35,88^2} \text{ См}$$

$$Y_{\text{вхл}} = \frac{1}{jZ_0 \tan \beta l_2} = -j \frac{1}{40} \cdot \cot \beta l_2$$

$$Y_H + Y_{\text{вхл}} = \frac{1}{R_0} \quad \frac{35,88}{65,27^2 + 35,88^2} = \frac{1}{40} \cot \beta l_2 \Rightarrow \cot \beta l_2 = 0,26$$

$$\tan \beta l_2 = 3,87 \Rightarrow \beta l_2 = 75,5^\circ \Rightarrow l_2 = \frac{75,5 \cdot \pi \cdot 5}{180 \cdot \pi} = 2,1 \text{ м}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{65,27}{65,27^2 + 35,88^2} \Rightarrow R_0 = 85 \text{ Ом}$$

$$Z_{\text{тр}} = \sqrt{Z_0 \cdot R_0} = \sqrt{40 \cdot 85} = 58,3 \text{ Ом}$$

⑤ Расчет действующих значений напряжений и тока на всех участках линии.

Помощи $U_H = 20,83 \text{ мВ}$

а) Для линии длиной $\frac{\lambda}{4}$

$$U(y) = U_2 \cdot \cos \beta l + j U_2 \frac{Z_{\text{тр}}}{Z_0} \sin \beta l = 20,83 \cdot \cos \beta l + j \cdot 20,83 \cdot \frac{58,3}{85} \sin \beta l$$

$$U(0,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5+180}\right) + j \cdot 14,29 \cdot \sin\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5+180}\right) = 19,81 + j4,41 = 20,29 \angle 12,6 \text{ мВ}$$

$$U(1) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{5+180}\right) + j \cdot 14,29 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{5+180}\right) = 16,85 + j8,4 = 18,83 \angle 26,5 \text{ мВ}$$

$$U(1,5) = 20,83 \cdot \cos\left(\frac{1,5 \cdot \pi}{5+180}\right) + j 14,29 \cdot \sin\left(\frac{1,5 \cdot \pi}{5+180}\right) = 12,24 + j 11,56 = 16,84 \angle 43,4 \text{ мВ}$$

$$U(2) = 6,44 + j 13,59 = 15,04 \angle 64,6 \text{ мВ}$$

$$U(2,5) = 14,29 \angle 90 \text{ мВ} - \text{напряжение генератора}$$

$$I(y) = \frac{U_2}{Z_{\text{н}}} \cdot \cos \beta y + j \frac{U_2}{Z_{\text{н}}} \cdot \sin \beta y = \frac{20,83}{85} \cdot \cos \beta y + j \frac{20,83}{58,3} \cdot \sin \beta y$$

$$I(0) = \frac{20,83}{85} = 0,25 \text{ мА}$$

$$I(0,5) = 0,25 \cdot \cos\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5+180}\right) + j 0,36 \cdot \sin\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5+180}\right) = 0,233 + j 0,11 = 0,26 \angle 25,4 \text{ мА}$$

$$I(1) = 0,2 + j 0,21 = 0,29 \angle 46,4 \text{ мА}$$

$$I(1,5) = 0,14 + j 0,29 = 0,32 \angle 64,2 \text{ мА}$$

$$I(2) = 0,076 + j 0,34 = 0,35 \angle 77,4 \text{ мА}$$

$$I(2,5) = 0,36 \angle 90 \text{ мА}$$

б) Для короткозамкнутой линии, длиной 2,1 м

$$U(y) = j I_2 \cdot Z_{\text{в}} \cdot \sin \beta y \quad I(y) = I_2 \cdot \cos \beta y$$

$$I_2 = \frac{U(2,1)}{j Z_{\text{в}} \cdot \sin \beta \cdot 2,1} = \frac{20,83}{j \cdot 40 \cdot \sin\left(\frac{2,1 \cdot \pi}{5+180}\right)} = 0,54 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(0) = I_2 = 0,54 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(0,5) = 0,54 \angle -90 \cdot \cos\left(\frac{0,5 \cdot \pi}{5+180}\right) = 0,51 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(1) = 0,43 \angle -90 \text{ мА}; \quad I(1,5) = 0,32 \angle -90 \text{ мА}; \quad I(2) = 0,17 \angle -90 \text{ мА}$$

$$I(2,1) = 0,13 \angle -90 \text{ мА}$$

$$U(0) = j \cdot 0,54 \angle -90 \cdot 40 \cdot \sin\left(\frac{0 \cdot \pi}{5+180}\right) = 0$$

$$U(0,5) = 6,65 \text{ мВ}; \quad U(1) = 12,64 \text{ мВ}; \quad U(1,5) = 17,4 \text{ мВ}; \quad U(2) = 20,45 \text{ мВ}$$

7) Построить мгновенные значения напряжения между двумя точками, находящимися на расстоянии $\frac{\lambda}{4}$ друг от друга.

$$U(y) = U_2 (\cos \beta y + j \sin \beta y) = U_2 \cdot e^{j \beta y}$$

$$U = U_{2m} \sin \beta y = 20,83 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \beta y$$

Точки отмечены на графике 3.

$$U(0) = 20,83 \angle 0 \text{ мВ} \quad U\left(\frac{\lambda}{4}\right) = 20,83 e^{j \frac{\pi}{2}} = 20,83 \angle 90 \text{ мВ}$$

$$U\left(\frac{\lambda}{16}\right) = 20,83 \sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\lambda}{16} \cdot \frac{2\pi}{\lambda}\right) = 11,27 \text{ мВ}$$

⑥ Векторная диаграмма токов в месте подключения шунта

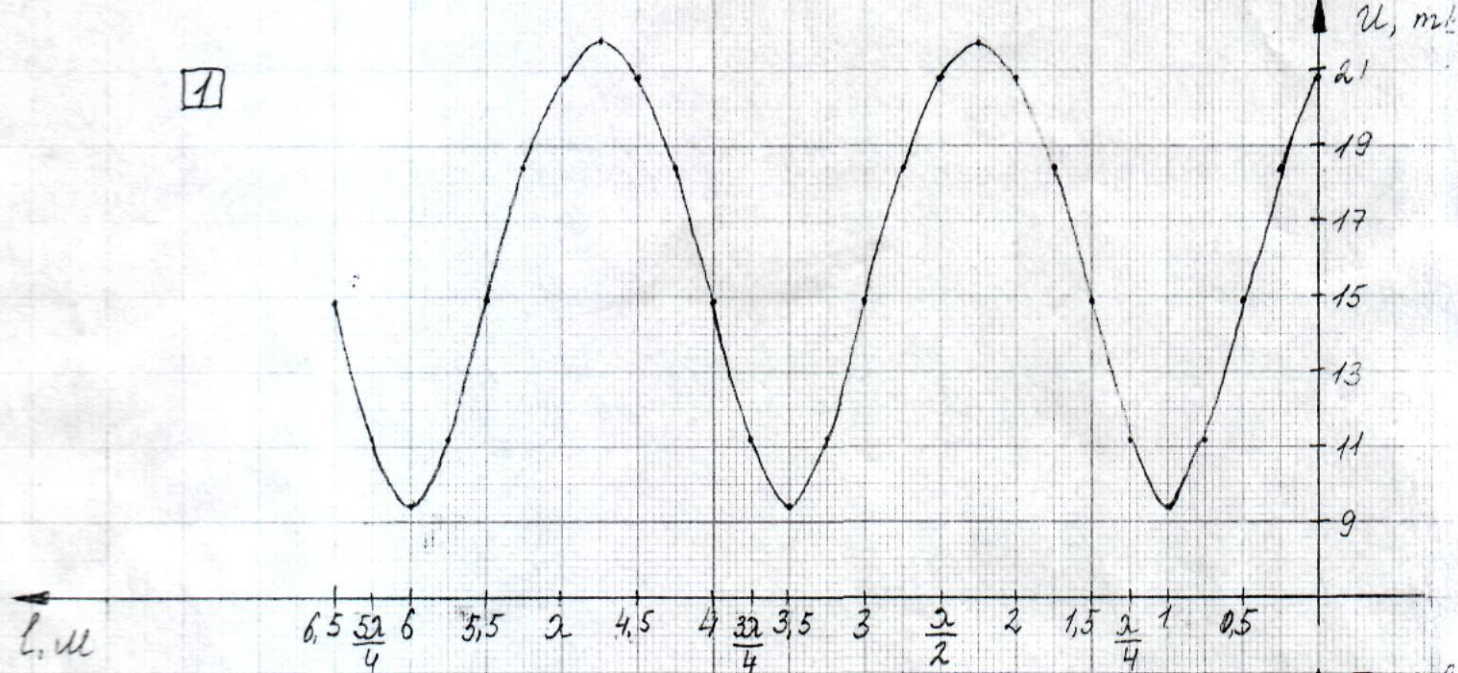
$$I_{тр} = 0,25 \text{ мА} \quad I_{ш} = 0,13 \angle -90 \text{ мА} \quad I_H = \frac{20,83}{74,48 \angle -28,8} = 0,28 \angle 28,8 \text{ мА}$$

$$I_{тр} = I_{ш} + I_H$$

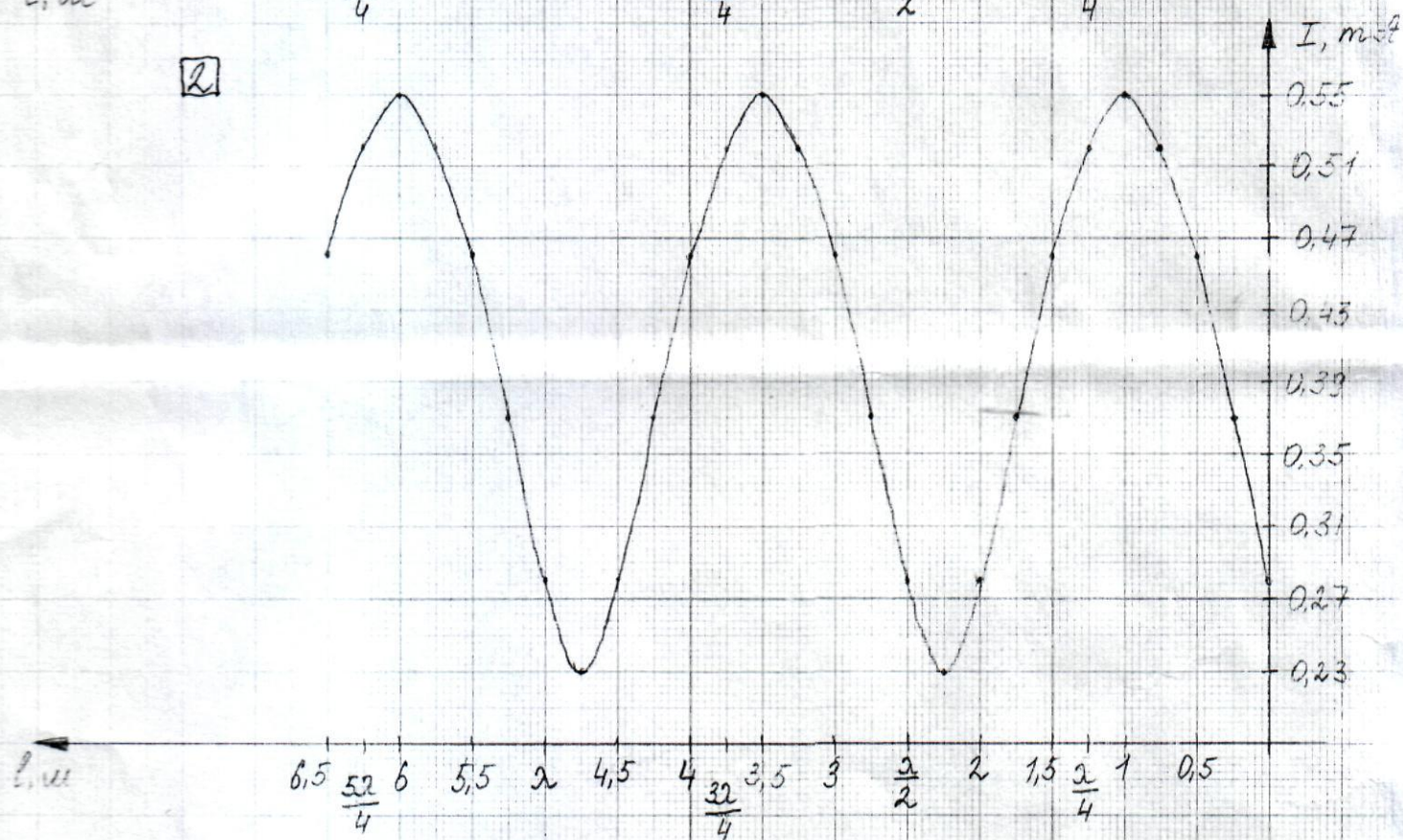
$$I_H = 0,25 + j0,13 \text{ мА}$$

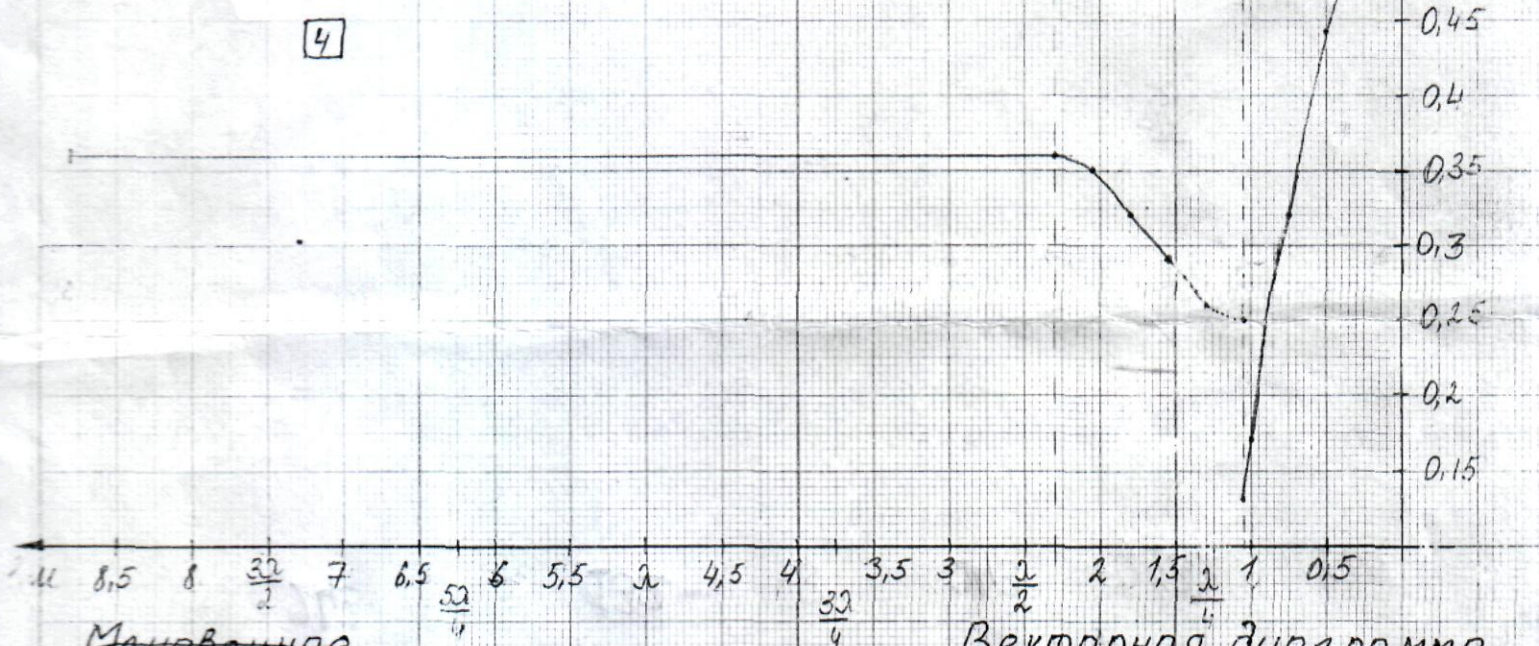
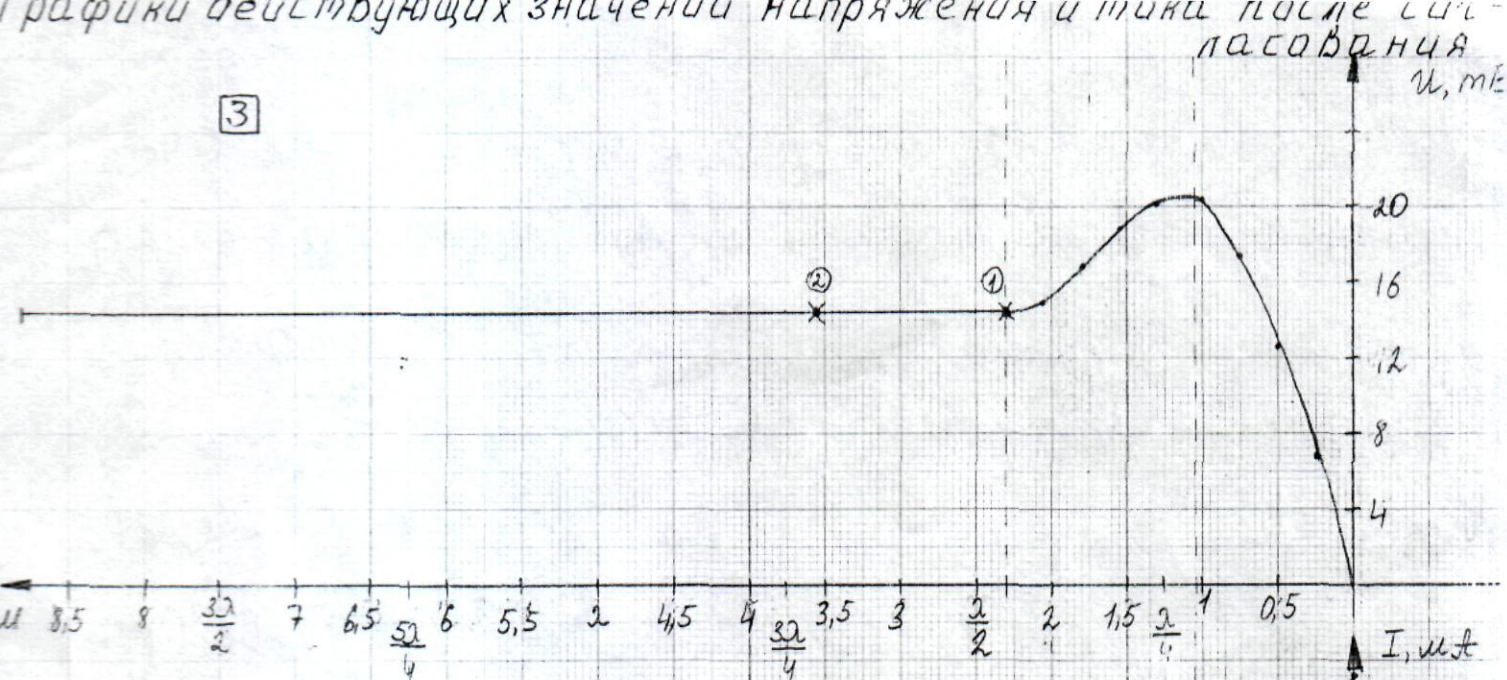
Графики действующих значений напряжения и тока до момента сгорания

1



2

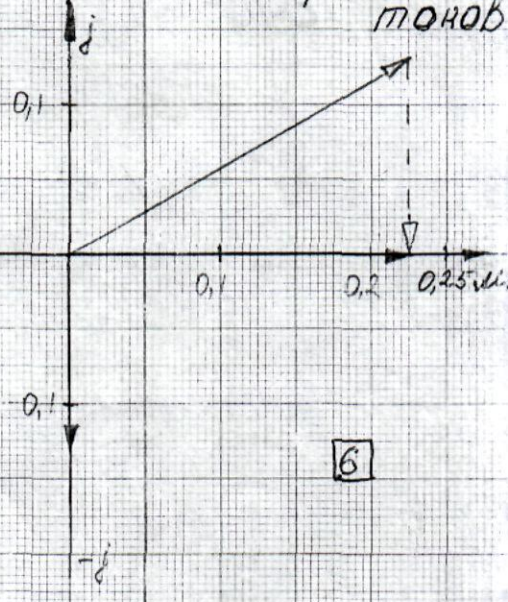




Мгновенное действующее значение напряж.

Векторная диаграмма токов

5



6

Мгновенные значения напряжения после согласования.

$$f = 30 \text{ МГц}$$

5

