

Электротехника.

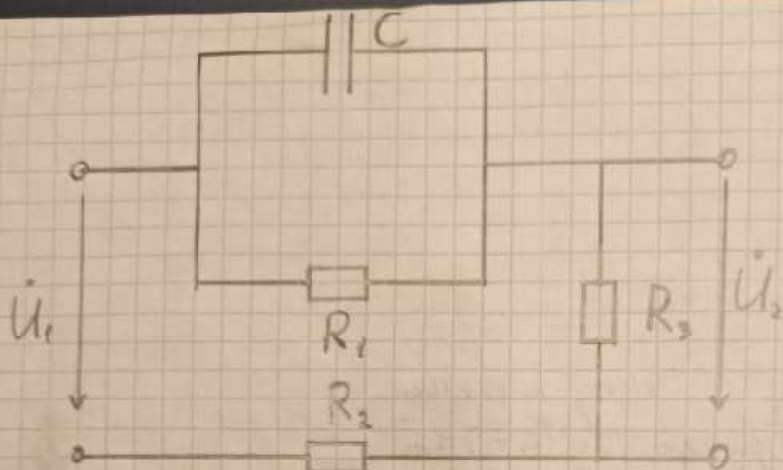
Группа М 46-34Б

Студент: Мухомов Николас Алексеевич

Преподаватель: Семенов Сергей Павлович

Домашнее задание №2.

Вариант №17.



Дано: $C = 25 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$; $R_1 = R_2 = 20 \text{ Ом}$; $R_3 = 60 \text{ Ом}$

- 1) Пусть входное напряжение имеет косин. амплитуду \dot{U}_1 . Рассчитаем коэф. передачи напряжения $K_u(\omega)$. Для этого рассчитаем экв. сопротивление цепи $Z_{\text{экв}}$. Найдём ампл. ток \dot{I} из закона Ома ($\dot{I} = \frac{\dot{U}_1}{Z_{\text{общ.}}}$), найдём $\dot{U}_2 = \dot{I} \cdot R_3$ и $K_u(\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$.

$$Z_C = -\frac{j}{\omega C} = -\frac{j}{25 \cdot 10^{-9} \cdot \omega} = -\frac{4000j}{\omega}$$

$$Z_{C1} = \frac{Z_C \cdot R_1}{Z_C + R_1} = -\frac{4000j}{\omega - 200j}$$

$$Z_{\text{общ.}} = Z_{C1} + R_2 + R_3 = 80 - \frac{4000j}{\omega - 200j} =$$

$$= 80 + \frac{4000}{200 + j\omega} = \frac{20000 + 80j\omega}{200 + j\omega}$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_1}{Z_{0\text{вх}}} = \dot{U}_1 \cdot \frac{200 + j\omega}{20000 + 80j\omega}$$

$$\dot{U}_2 = \dot{I} \cdot R_3 = 20 \cdot \dot{U}_1 \cdot \frac{200 + j\omega}{20000 + 80j\omega}$$

$$K_n(\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{4000 + 20j\omega}{20000 + 80j\omega} = \frac{200 + j\omega}{1000 + 4j\omega} =$$

$$= \frac{\sqrt{(200)^2 + \omega^2} \cdot e^{j \arctg \frac{\omega}{200}}}{\sqrt{(1000)^2 + (4\omega)^2} \cdot e^{j \arctg \frac{4\omega}{1000}}} =$$

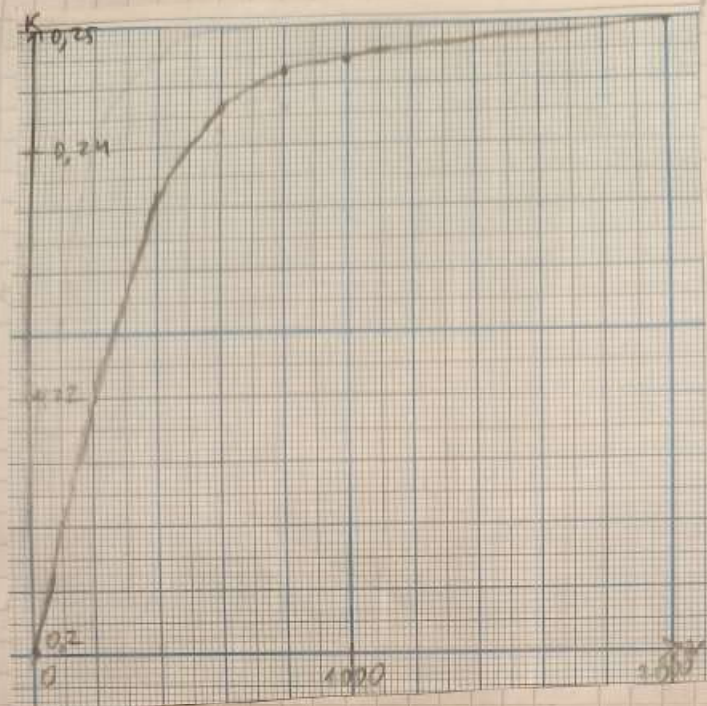
$$= \frac{\sqrt{\omega^2 + 4 \cdot 10^4}}{16\omega^2 + 10^6} \cdot e^{j(\arctg \frac{\omega}{200} - \arctg \frac{4\omega}{1000})}$$

$$= \frac{\sqrt{\omega^2 + 4 \cdot 10^4}}{16\omega^2 + 10^6} \cdot e^{j(\arctg \frac{\omega}{200} - \arctg \frac{4\omega}{1000})} =$$

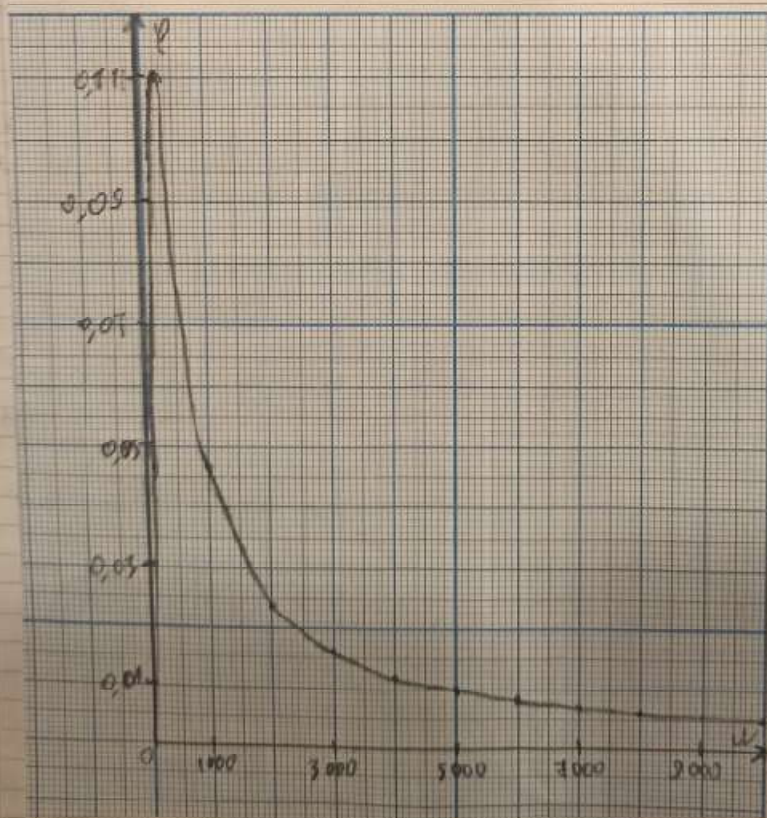
$$= \frac{\sqrt{\omega^2 + 4 \cdot 10^4}}{16\omega^2 + 10^6} \cdot e^{j \arctg \left(\frac{50\omega}{\omega^2 + 5 \cdot 10^4} \right)} = K_n(\omega)$$

$$2) \text{ Ампл } K(\omega) = \frac{\sqrt{\omega^2 + 4 \cdot 10^4}}{16\omega^2 + 10^6}$$

$$\varphi \text{ Ампл } \varphi(\omega) = \arctg \left(\frac{50\omega}{\omega^2 + 5 \cdot 10^4} \right)$$



АЧХ $K(\omega)$



ФЧХ $\varphi(\omega)$

$$3) \quad K_u(0) = \sqrt{\frac{4}{100}} \cdot e^{j \arctg 0} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} = 0,2$$

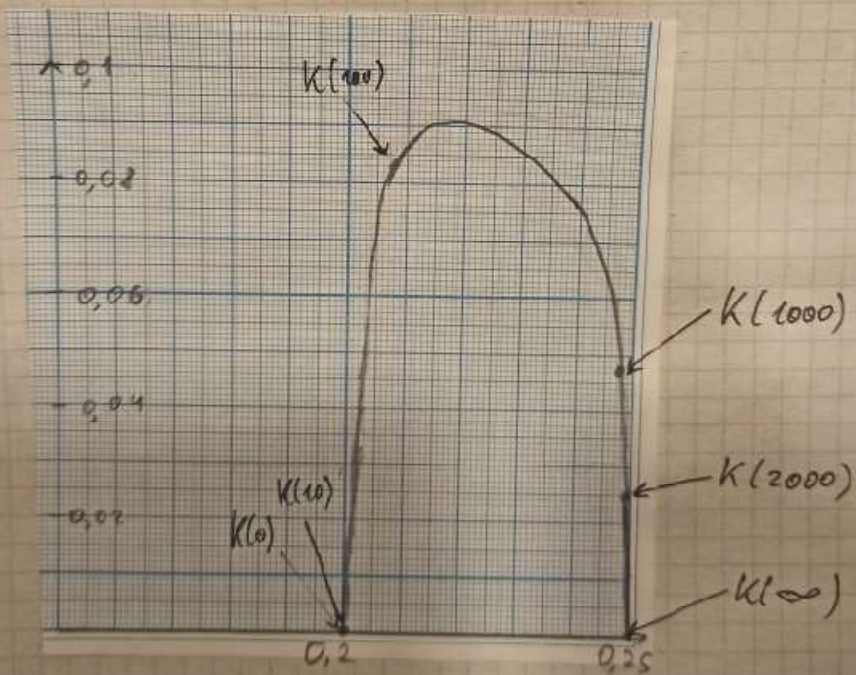
$$K_u(10) = 0,2001 \cdot e^{j \cdot 0,0099} = 0,2001 + j \cdot 0,002$$

$$K_u(100) = 0,2076 \cdot e^{j \cdot 0,0831} = 0,2069 + j \cdot 0,0152$$

$$K_u(1000) = 0,2473 \cdot e^{j \cdot 0,0476} = 0,247 + j \cdot 0,0118$$

$$K_u(2000) = 0,2493 \cdot e^{j \cdot 0,02469} = 0,2492 + j \cdot 0,0062$$

$$K_u(\infty) = 0,25 \cdot e^{j \arctg 0} = 0,25$$



Точка на Найблизости.

u) $\dot{U}_1 = 10 \text{ В}; \omega = 2 \cdot 10^3 \text{ рад/с.}$

$$\begin{aligned} \dot{U}_2 &= \dot{U}_1 \cdot K_u(\omega) = \dot{U}_1 \cdot (0,2492 + j0,0062) = \\ &= 10 \cdot 0,2493 \cdot e^{j \cdot 0,00008} = 2,493 \cdot e^{j \cdot 0,0247} \end{aligned}$$

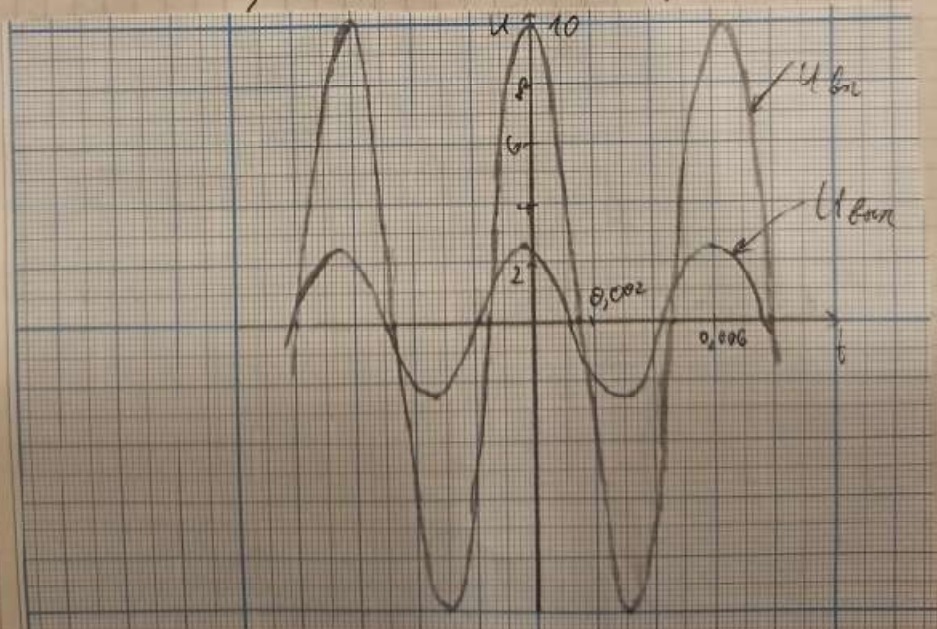
Амплитуда $U_2 = 2,493$;
фаза $\varphi = 0,0247 \text{ рад.}$

Сделаем расчет мгновенного напряжения:

$$\text{Re} \{ \dot{U}_1 \} = 10 \cdot \cos \omega t$$

\dot{U} — мгновенное напряжение:

$$\text{Re} \{ \dot{U}_2 \} = 2,493 \cdot \cos(\omega t + 0,0247)$$



5) На вход перед симметричным функцией
напряж. $A=1$ В; $\omega = 2 \cdot 10^3$ рад/с

$$U_1(t) = \frac{4}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \frac{\sin 7\omega t}{7} + \frac{\sin 9\omega t}{9} \right) \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

По гармоникам (выпр. сигнал):

$$U_0 = \frac{1}{2}$$

$$U_1 = \frac{2}{\pi} \sin 2000t = \frac{2}{\pi} \cos(2000t + \frac{\pi}{2}) =$$

$$= \frac{2}{\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j2000t}$$

$$U_3 = \frac{2}{3\pi} \cdot \sin 6000t = \frac{2}{3\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j6000t}$$

$$U_5 = \frac{2}{5\pi} \cdot \sin 10^4 t = \frac{2}{5\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j10^4 t}$$

$$U_7 = \frac{2}{7\pi} \cdot \sin 14000t = \frac{2}{7\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j14000t}$$

$$U_9 = \frac{2}{9\pi} \cdot \sin 18000t = \frac{2}{9\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j18000t}$$

Гармоника выходного сигнала:

$$U_{i, \text{вых}} = U_i \cdot K(i\omega); i \in \{0, 1, 3, 5, 7, 9\}$$

$$U_{0, \text{вых}} = U_0 \cdot K(0) = \frac{1}{2} \cdot 0,2 = 0,1$$

$$U_{1, \text{вых}} = U_1 \cdot K(2000) = U_1 \cdot 0,2493 \cdot e^{j0,0247} =$$

$$= U_{\text{bun}} = 0,1584 \cdot e^{j(\frac{\pi}{5} \cdot 10^4 t)} \cdot e^{j2000t}$$

$$U_{\text{bun}} = 0,1584 \cdot e^{j1,5955} \cdot e^{j2000t}$$

$$U_{\text{bun}} = U_3 \cdot k(6000) = U_3 \cdot 0,2499 \cdot e^{j0,0083} =$$

$$= \frac{2}{5\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j6000t} \cdot 0,2499 \cdot e^{j0,0083} = 0,0573 \cdot e^{j1,5491} \cdot e^{j6000t}$$

$$U_{\text{bun}} = U_3 \cdot k(10^4) = \frac{2}{5\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j \cdot 10^4 t} \cdot 0,2499 \cdot e^{j0,0005} =$$

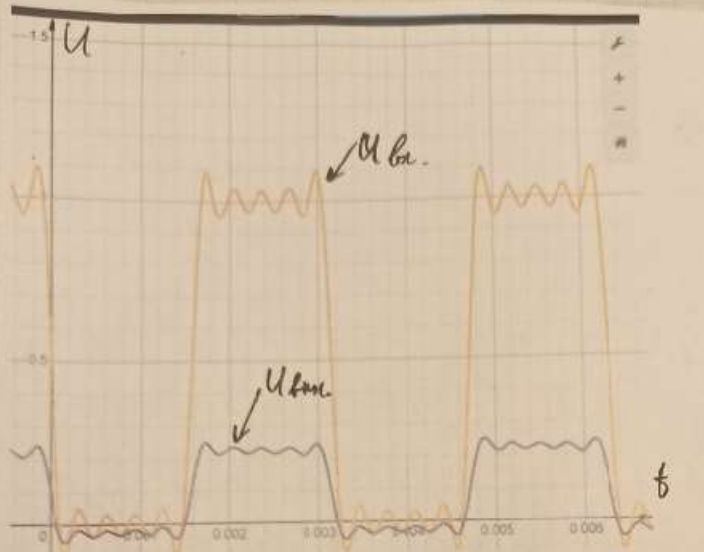
$$= 0,0318 \cdot e^{j1,5758} \cdot e^{j \cdot 10^4 t}$$

$$U_{\text{bun}} = U_4 \cdot k(14000) = \frac{2}{4\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j14000t} \cdot 0,2499 \cdot e^{j0,0036} =$$

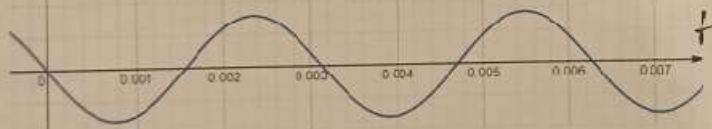
$$= 0,0227 \cdot e^{j1,5444} \cdot e^{j14000t}$$

$$U_{\text{bun}} = U_5 \cdot k(18000) = \frac{2}{9\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j18000t} \cdot 0,25 = e^{j0,0028}$$

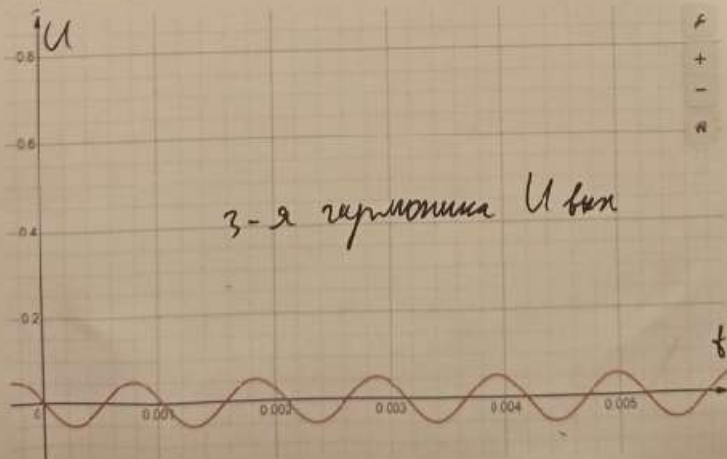
$$= 0,0177 \cdot e^{j1,5736} \cdot e^{j18000t}$$

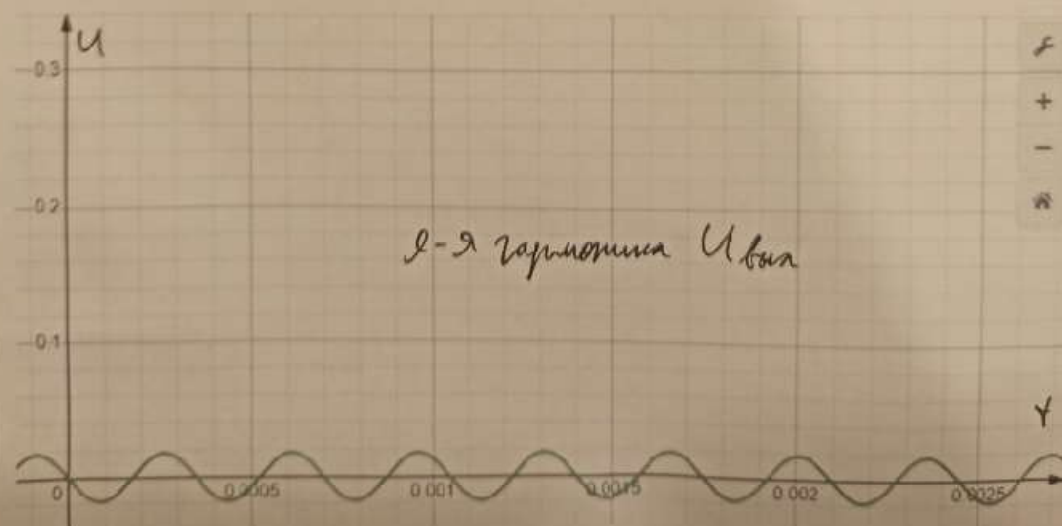
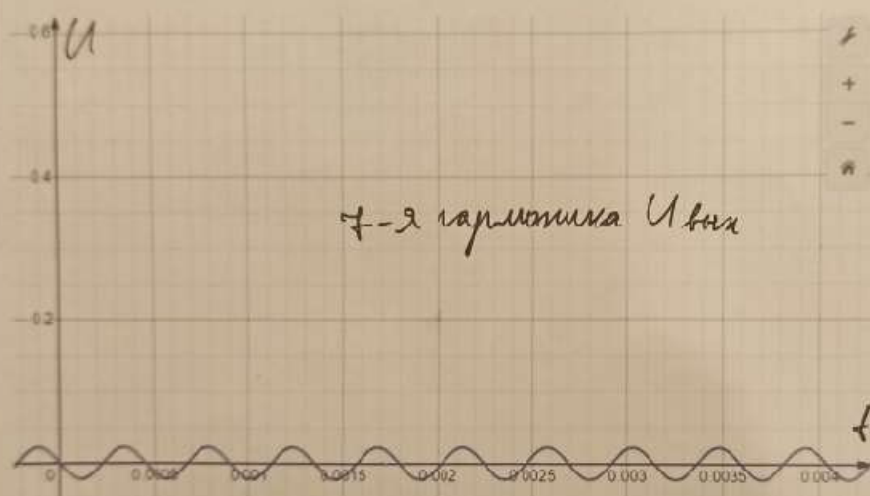
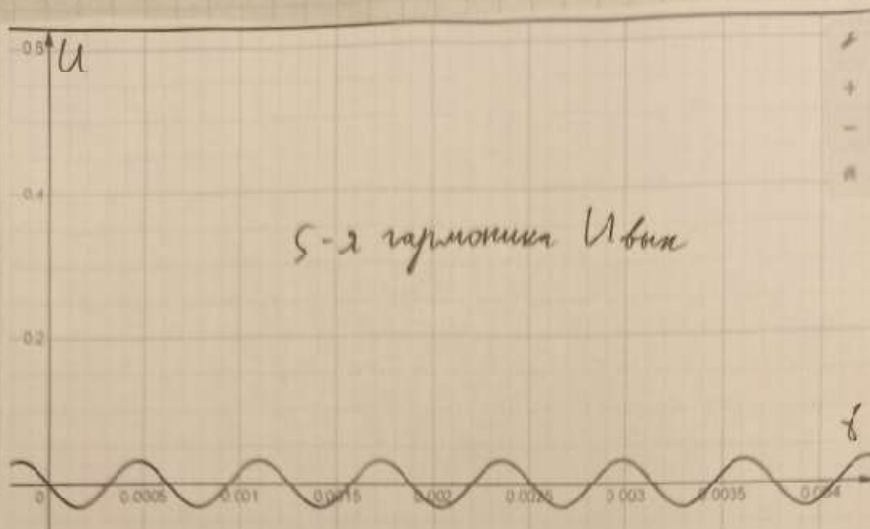


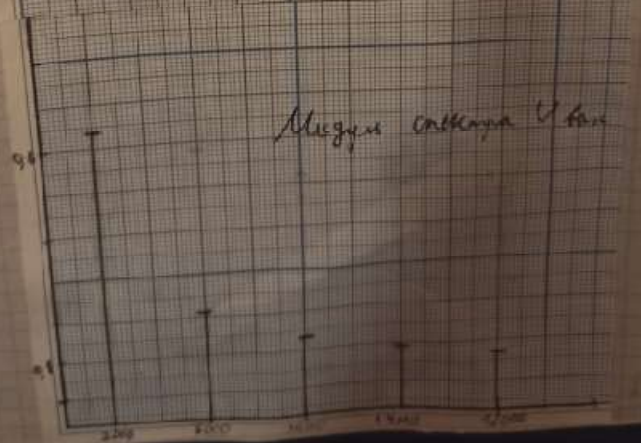
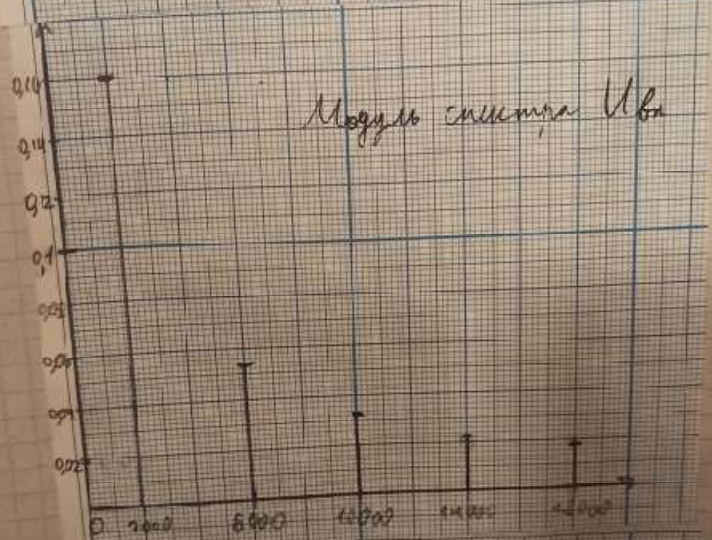
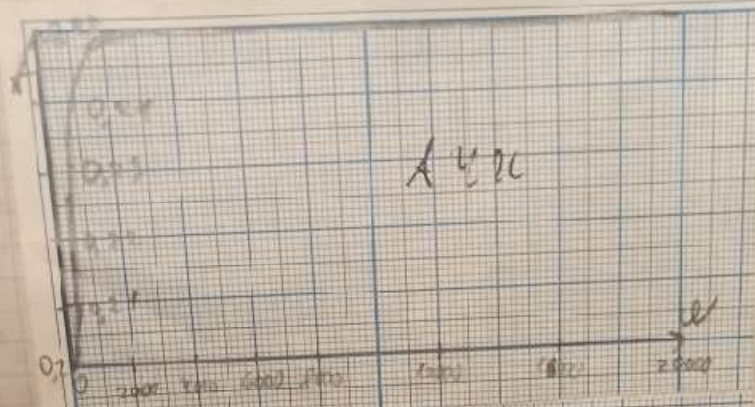
1-я гармоника $U_{вх}$



3-я гармоника $U_{вх}$







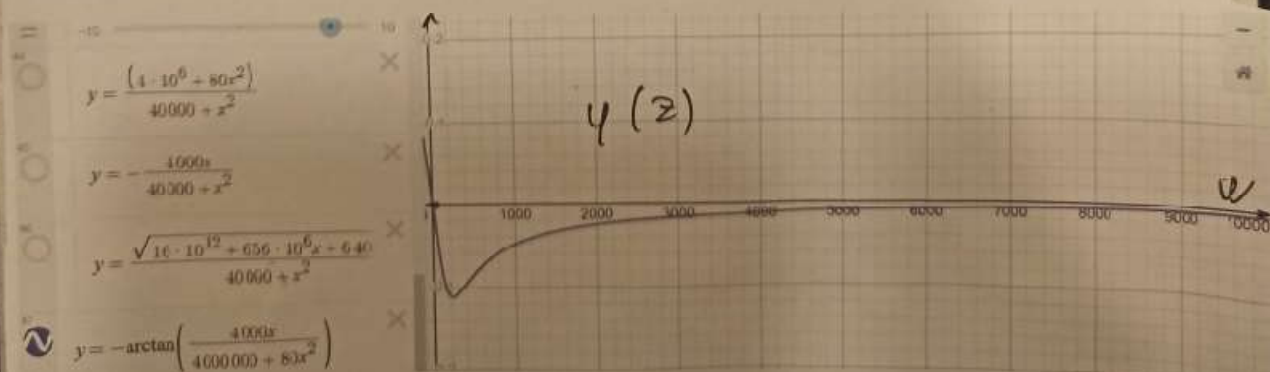
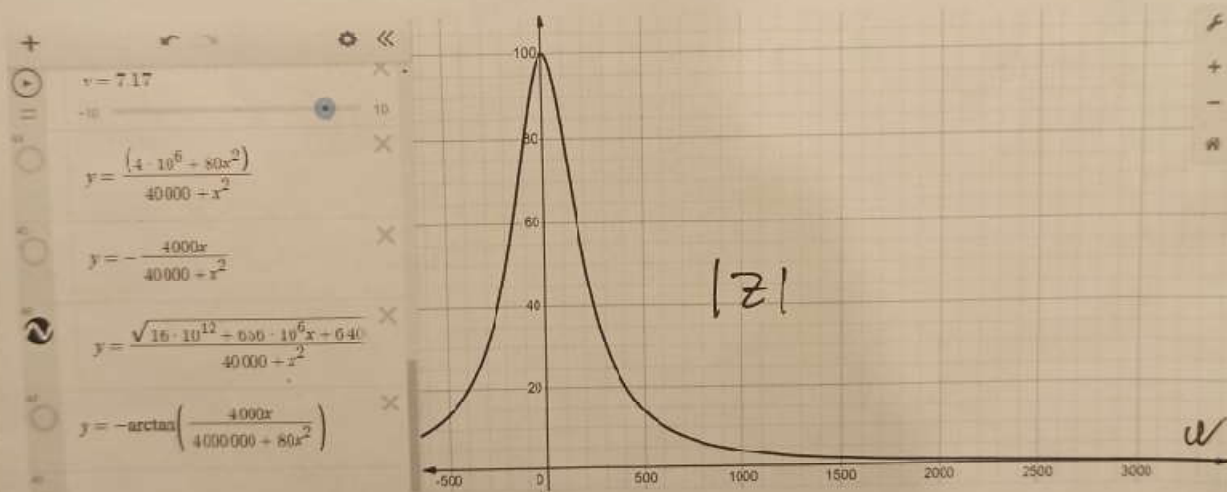
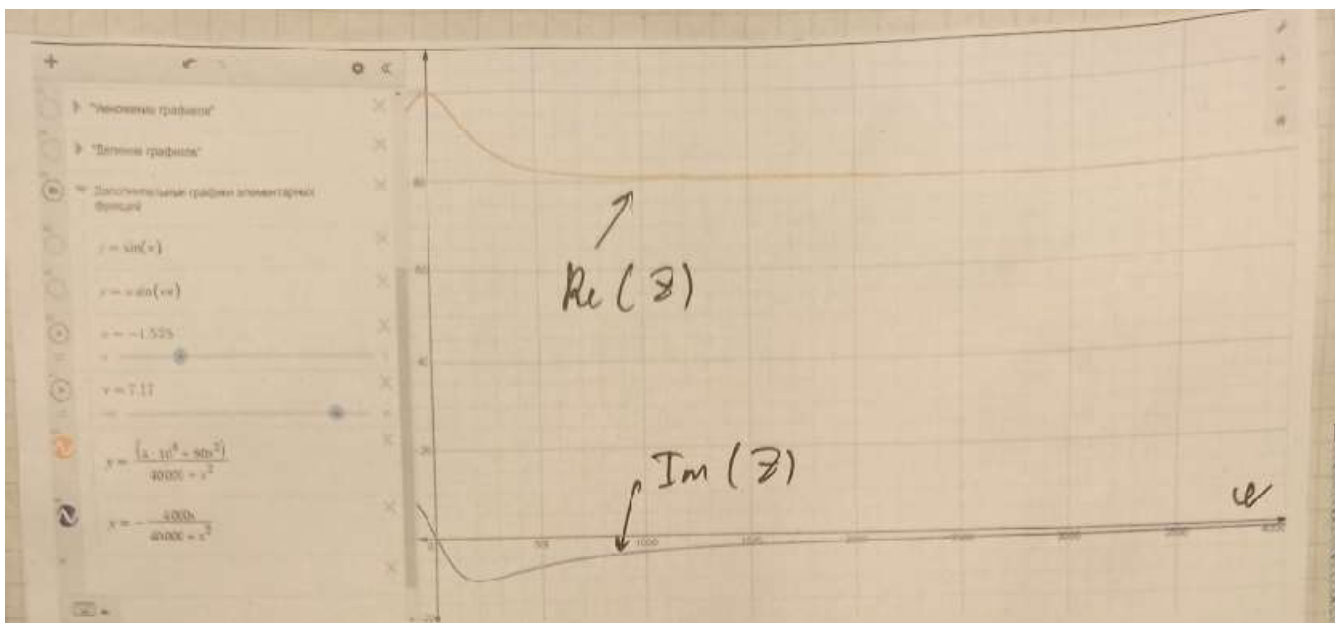
7) Сч. нулем 1), где было рассчитано сопротивление $Z_{\text{вх}}$, з.в. Вводных.

$$Z_{\text{вх}} = \frac{20000 + 80j\omega}{200 + j\omega} = \frac{(20000 + 80j\omega)(200 - j\omega)}{200^2 + \omega^2}$$

$$= \underbrace{\frac{4 \cdot 10^6 + 80\omega^2}{40000 + \omega^2}}_{\text{Re}(Z)} - j \cdot \underbrace{\frac{4000\omega}{40000 + \omega^2}}_{\text{Im}(Z)}$$

$$|Z| = \frac{\sqrt{16 \cdot 10^{12} + 64 \cdot 10^7 \omega^2 + 16 \cdot 10^6 \omega^2 + 6400 \omega^4}}{40000 + \omega^2}$$

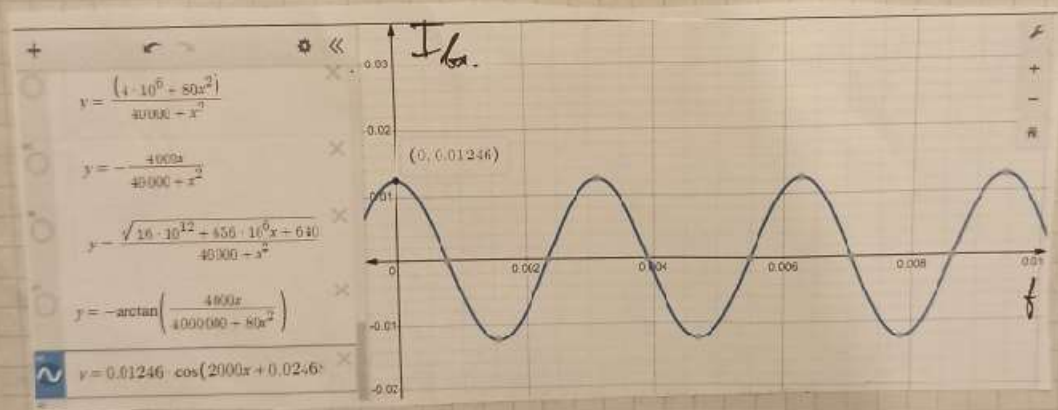
$$\varphi(Z) = \arctg\left(-\frac{4000\omega}{4 \cdot 10^6 + 80\omega^2}\right) = -\arctg\left(\frac{4000\omega}{4 \cdot 10^6 + 80\omega^2}\right)$$



8) Затянувшись брешь мостом ам. частотой $\omega = 2 \cdot 10^3$

$$I_{br} = \frac{U_{br}}{Z_{br}} = \frac{1 \cdot e^{j\omega t}}{\left(\frac{20000 + 80j\omega}{200 + j\omega} \right)} = \frac{200 + j\omega}{20000 + 80j\omega} \cdot e^{j\omega t} =$$

$$= e^{j\omega t} \cdot \frac{200 + 2000j}{20000 + 16 \cdot 10^4 j} = e^{j\omega t} \cdot (0,01246 + 0,0003j) = 0,01246 \cdot e^{j(2000t + 0,0462j)}$$



9) $E_{br} = 1$ В; $\omega = 2 \cdot 10^3$ рад/с; $K_{mp} = 4$.

$$E_{sub.} = U_{br} \cdot K_{mp} = U_{br} \cdot K(\omega) \cdot K_{mp}$$

$$Z_{sub.} = Z_{br} \cdot K_{mp}^2$$

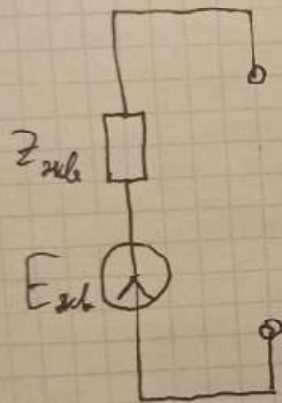
$$\vec{E}_{\text{sub.}} = e^{j \cdot 2000t} \cdot 4 \cdot 0,2493 \cdot e^{j \cdot 0,0247} = 0,9972 \cdot e^{j \cdot 2000t + j \cdot 0,0247}$$

$$E_{\text{sub.}} = 0,9972 \cdot \cos(2000t + 0,0247)$$

$$\vec{Z}_{\text{sub.}} = \vec{Z}_{\text{bc}}(2000) \cdot 16 = (80,128 - 1,28j) \cdot 16 =$$

$$= 1283,17 - 20,48j ;$$

$$|\vec{Z}_{\text{sub.}}| = 1283,56 \text{ Ohm}$$



Дифференциальная схема.

$$\vec{Z}_{\text{sub.}} = 1283,17 - 20,48j$$

$$E_{\text{sub.}} = 0,9972 \cdot \cos(2000t + 0,0247)$$