

# **Работа 1.1.6**

## **Изучение электронного осциллографа**

Валеев Рауф Раушанович  
группа 825

12 ноября 2018 г.

## 1. Подготовка к работе.

- (a) Блок горизонтальной развертки (HORIZONTAL): ручка POSITION - в среднем положении; кнопка  $\times 10 \text{ MAG}$  - отжата; ручка SWP.VAR - в крайнем правом положении;
- (b) Блок вертикального отклонения (VERTICAL): ручки POSITION — в среднем положении; внешние ручки VOLTS/DIV обоих каналов в положении 5 В/дел, а внутренние — утоплены; тумблеры AC-GND-DC обоих каналов — в положении GND (отключены); кнопки ALT/CHOP и INV CH 2 — отжаты.
- (c) Блок синхронизации (TRIGGER): TRIG.ALT — отжата, LEVEL — в среднем положении; переключатель MODE — в положении AUTO; SLOPE — отжата.
- (d) Включаем осциллограф в сеть. Ставим ручку развертки TIME/DIV в положение X-Y. На экране появится точка. Ручками POSITION располагаем точку в центре экрана осциллографа. Регулируем яркость и четкость изображения точки ручками INTEN и FOCUS — размер и яркость точки должны быть минимально возможными, при условии, что точка хорошо видна на экране. После регулировки включите внутреннюю развертку осциллографа, установив ручку TIME/DIV в положение 2 ms.

## 2. Наблюдение периодического сигнала.

От генератора и измерение его частоты. Получаем на экране устойчивую картину периодического синусоидального сигнала, подаваемого с генератора, и с помощью горизонтальной шкалы экрана осциллографа проводим измерение периода и частоты сигнала.

- (a) Настраиваем подключенный к каналу CH2 звуковой генератор на синусоидальный сигнал с частотой  $f \approx 1 \text{ kHz}$ . Переключаем тумблер MODE блока VERTICAL и тумблер SOURCE блока TRIGGER в положение CH2(Y). Устанавливаем режим канала CH2(Y) на открытый вход (DC).
- (b) Получаем на осциллографе устойчивую картину колебаний. Используя ручки VOLTS/DIV (вольт/деление) для регулировки масштаба по вертикали, TIME/DIV (время/деление) — для регулировки масштаба по горизонтали, ручки POSITION для смещения картины как целого. Используя ручку LEVEL (уровень запуска развертки) для получения стационарной картины. При необходимости переключаем режим синхронизации тумблером MODE блока TRIGGER в положения AUTO (автоматический запуск развертки) или NORM (режим ожидания).
- (c) Измеряем период колебаний  $T$  наблюдаемого сигнала с учетом масштаба. Рассчитываем его частоту  $f$ . Оценим погрешность  $\delta f$  и  $\delta T$ . Сравниваем с показаниями встроенного в генератор частотомера  $f_{\text{ЗГ}}$  или с положением ручек регулировки генератора. Повторяем для 3-5 различных частот.

$f1, \text{kHz}$	$T$ , дел	дел	$T$ , с	$f$ , kHz	$\delta f$ , kHz	$\delta T$ , с	$f1 - f$ , kHz
1,1	1	0,001	0,001	1	0,1	$10^{-4}$	0,1
10,822	1,87	$50 * 10^{-6}$	$93,3 * 10^{-6}$	11	0,6	$5 * 10^{-6}$	0,178
110,84	0,9	$10^{-5}$	$9 * 10^{-6}$	111	6	$5 * 10^{-7}$	0,16
1260	1,6	$5 * 10^{-7}$	$8 * 10^{-7}$	1250	80	$5 * 10^{-8}$	10

## 3. Измерение амплитуды сигнала.

С помощью вертикальной шкалы экрана осциллографа измерьте отношение максимальной и минимальной амплитуд напряжений  $U_{\text{max}}/U_{\text{min}}$ , которые способен выдавать генератор. Измерения проводим на частоте  $f \approx 1 \text{ kHz}$ .

- (a) Для установки амплитуды на звуковом генераторе используем ручку регулировки AMPL и кнопку (ATT - 20dB) (ослабление на 20 дБ - т.е. уменьшение амплитуды в 10 раз).

- (b) Измеряем амплитуды напряжения  $U_{max} = (80 \pm 10)mV$ , и  $U_{min} = (0,45 \pm 0,05)mV$  в вольтах. Для изменения масштаба вертикальной шкалы осциллографа используем ручку VOLTS/DIV (вольт на деление) канала CH2(Y). При измерении убеждаемся, что серая ручка плавной регулировки VOLTS/DIV утоплена и переведена в крайнее правое положение до щелчка. Оцениваем относительную  $\delta U/U$  погрешность измерения амплитуды.
- (c) Выражаем отношение максимального и минимального уровней сигнала в децибелах [дБ]. Децибел — логарифмическая единица ослабления или усиления, определяемая по формуле

$$\beta_{21}[\text{дБ}] = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} \approx (45 \pm 7) \text{дБ}$$

, где  $P_2/P_1$  - отношение средних мощностей, а  $U_2/U_1$  - отношение амплитуд некоторых 2 сигналов (учтено, что мощность пропорциональна квадрату амплитуды).

$$\sigma_\beta = 20 \lg \left( \beta \sqrt{\left( \frac{\delta U_{max}}{U_{max}} \right)^2 + \left( \frac{\delta U_{min}}{U_{min}} \right)^2} \right)$$

#### 4. Измерение амплитудно-частотной характеристики осциллографа.

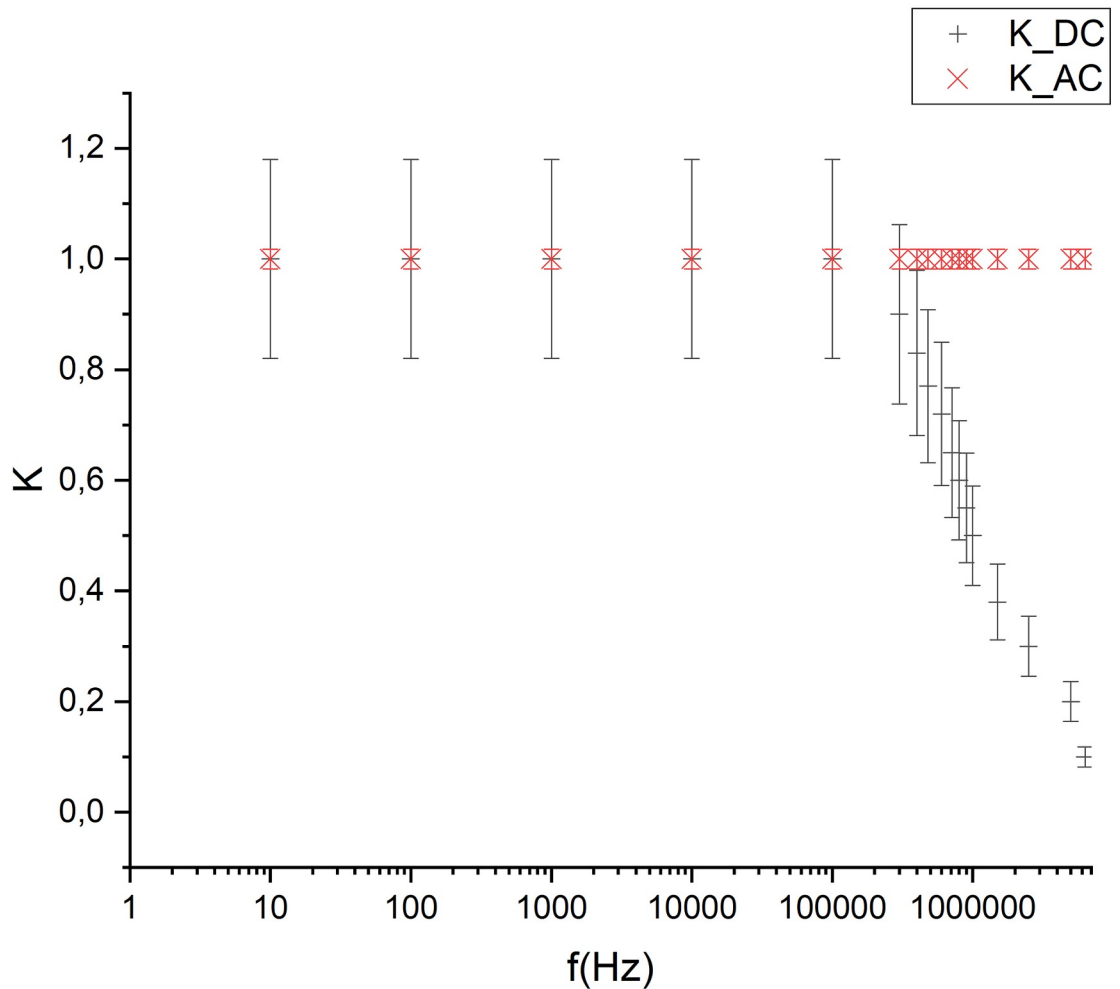
Амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) измерительного прибора называют зависимость амплитуды измеряемого сигнала от частоты сигнала, подаваемого на вход. Проведите измерение АЧХ используемого в работе осциллографа во всём диапазоне рабочих частот генератора.

- (a) Устанавливаем частоту сигнала генератора  $f \approx 1 \text{kHz}$  и получаем устойчивое изображение синусоиды на экране. Устанавливаем амплитуду генератора, близкую к максимальной (убеждаемся, что кнопка АТТ - 20dB отжата) и подбираем масштаб вертикальной шкалы осциллографа так, чтобы размах (удвоенная амплитуда) сигнала на экране составил, например,  $2U_0 = 6,0$  дел. Далее при измерениях по данному пункту амплитуда сигнала на генераторе  $U_0$  должна оставаться неизменной (ручка AMPL генератора остаётся в фиксированном положении). Убеждаемся также, что серая ручка плавной регулировки VOLTS/DIV утоплена и переведена в крайнее правое положение (CAL) до щелчка.
- (b) Изменяя  $f$  исследуем зависимость отношения  $U(f)$  от  $U_0 = (6,0 \pm 0,1)$  дел

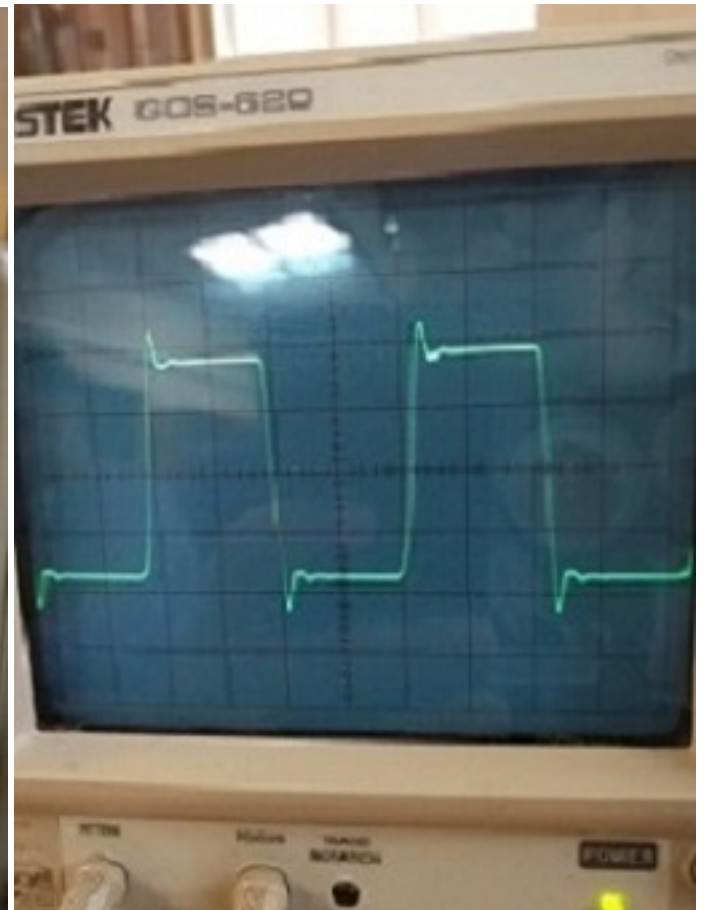
$$K(f) = \frac{U(f)}{U_0}$$

$f, \text{kHz}$	0,01	0,1	1	10	100	300	400	480	600	710	800	900	1000	1500	2500	5000
$K_{AC}$	1	1	1	1	1	0,9	0,83	0,77	0,72	0,65	0,6	0,55	0,5	0,38	0,3	0,2
$K_{DC}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- (c) Строим график.



5. **Изучение влияния АЧХ на искажение сигнала.** Устанавливаем на генераторе переключатель вида сигнала в положение "п"—прямоугольные импульсы (меандр). Получаем на экране устойчивую картину прямоугольных импульсов на частоте  $f = 1\text{kHz}$ . Изменяя частоту генератора во всём диапазоне, наблюдаем как меняется вид отображаемого на осциллографе сигнала для открытого (DC) и закрытого (AC) входов канала CH2(Y). При изменении частоты используем ручку осциллографа TIME/DIV для регулировки масштаба по горизонтали (по времени). Запечатлеем характерный вид полученных осциллограмм для частот  $f$ , при которых форма прямоугольных импульсов существенно искажается.



Из-за эффекта Гиббса.

Рассмотрим явление Гиббса на частном случае разрывной функции

$$f(t) = \operatorname{sgn}(t)$$

Функция (1) является нечётной, поэтому её разложение в ряд Фурье будет содержать только синусы:

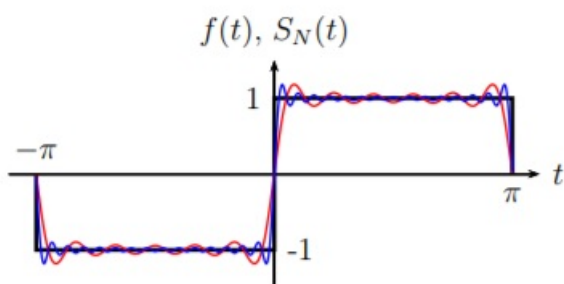
$$f(t) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m \sin(mt)$$

где коэффициенты разложения  $b_m$  определяются выражениями

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin(mt) dt = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(mt) dt = \frac{2}{\pi m} (1 - (-1)^m)$$

т. е. в разложении отличны от нуля только члены с нечётными номерами  $m = 2n - 1$  и, следовательно, разложение в ряд Фурье приводится к виду

$$f(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left( \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^N \frac{\sin((2n-1)t)}{2n-1} \right)$$



Или из-за того, что на высоких частотах наблюдается отклонение амплитудного напряжения от 0, хотя при изменении частоты сигнала оно меняться не должно.

## 6. Измерение разности фазово-частотных характеристик каналов осциллографа.

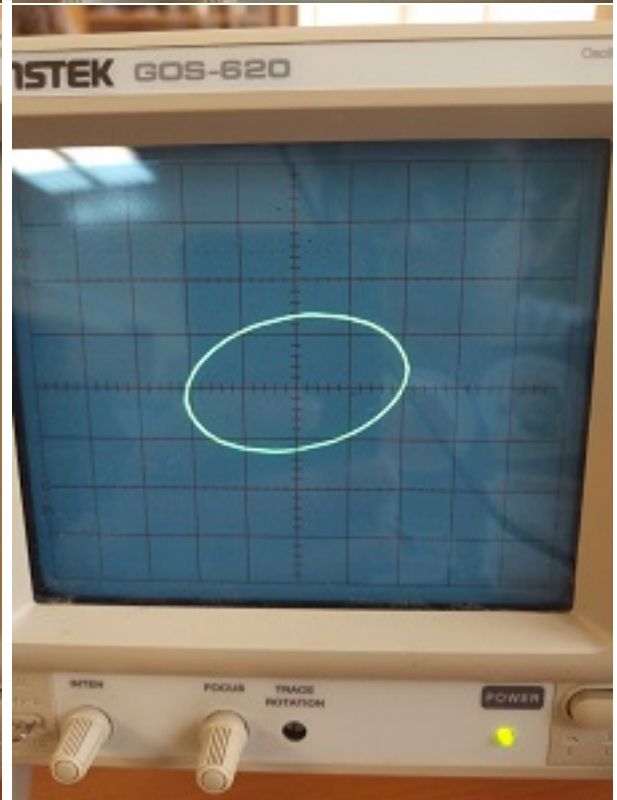
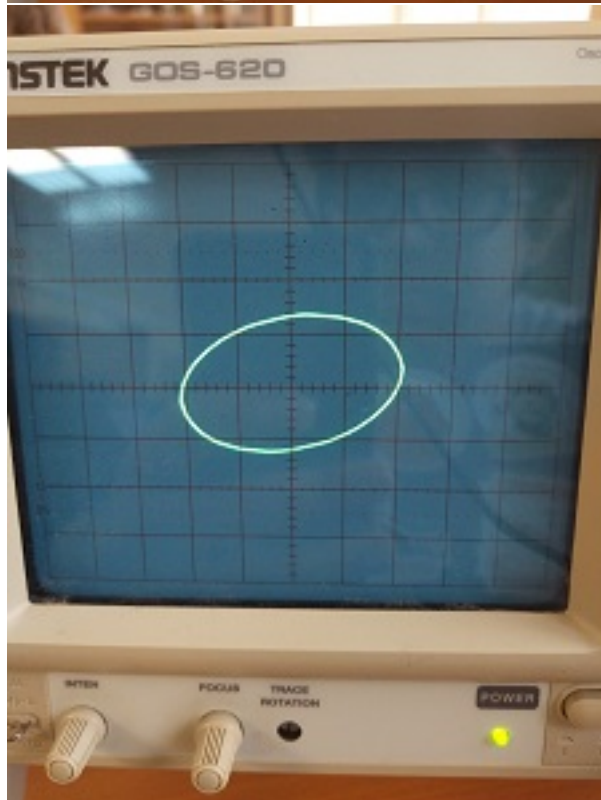
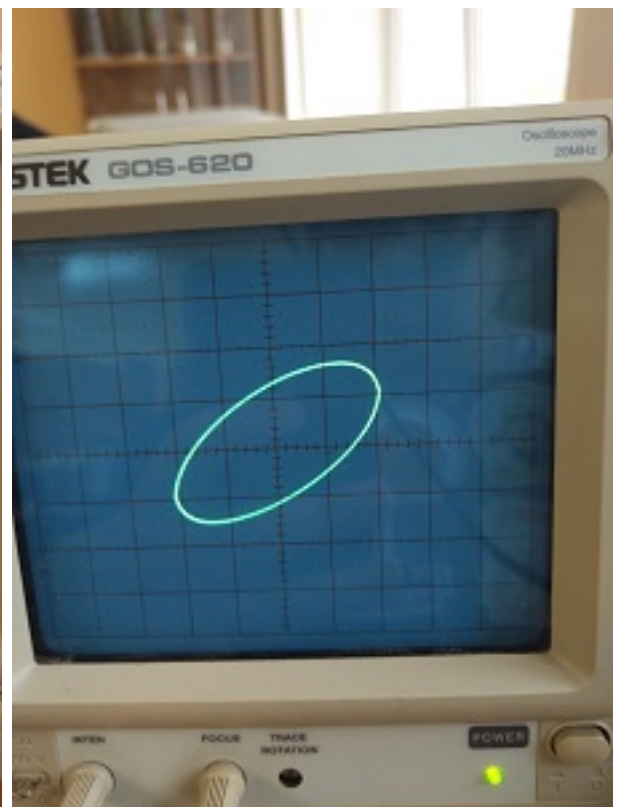
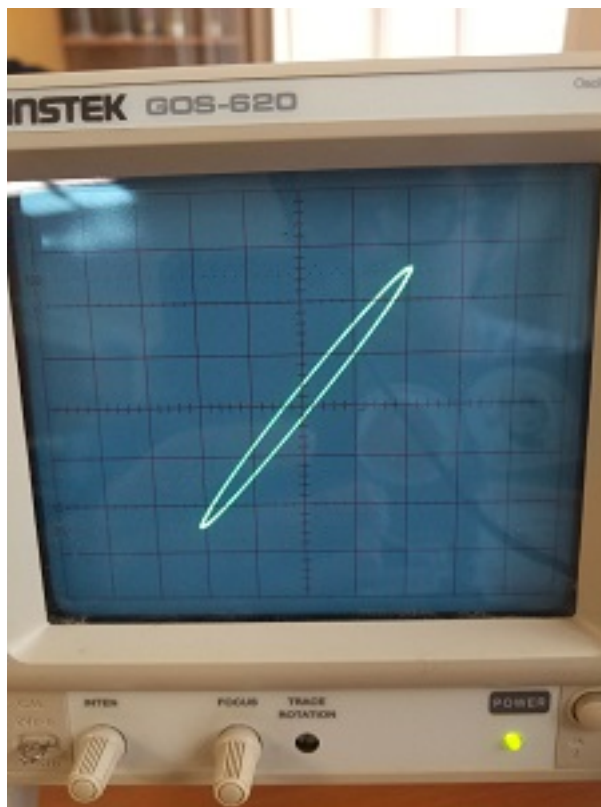
Фазово-частотной характеристикой (ФЧХ) называют зависимость разности фаз входного и выходного сигналов от частоты. Осциллограф может быть использован для измерения разности фаз между подаваемыми на него сигналами, при этом однако необходимо учитывать, что каналы X и Y могут иметь разные ФЧХ. В данном пункте предлагается провести измерение разности фаз, возникающей при подаче одного и того же сигнала на разные каналы осциллографа, в зависимости от частоты сигнала.

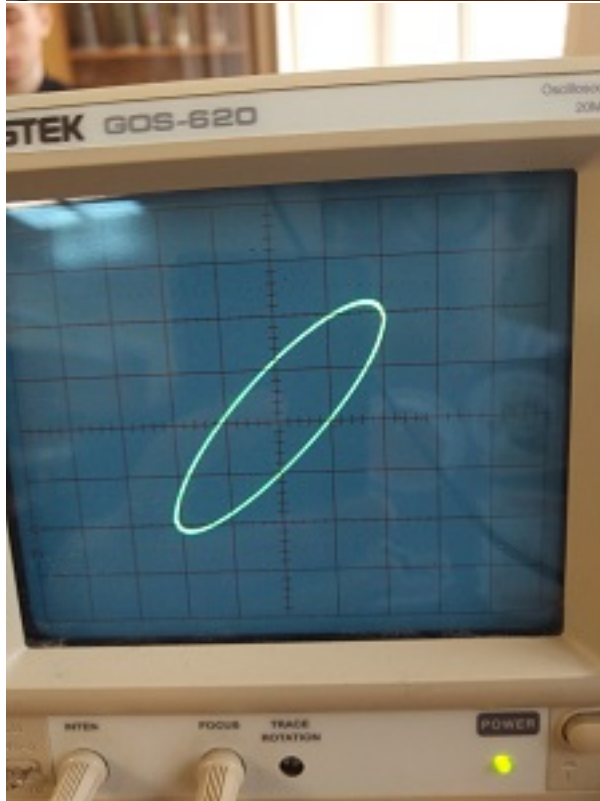
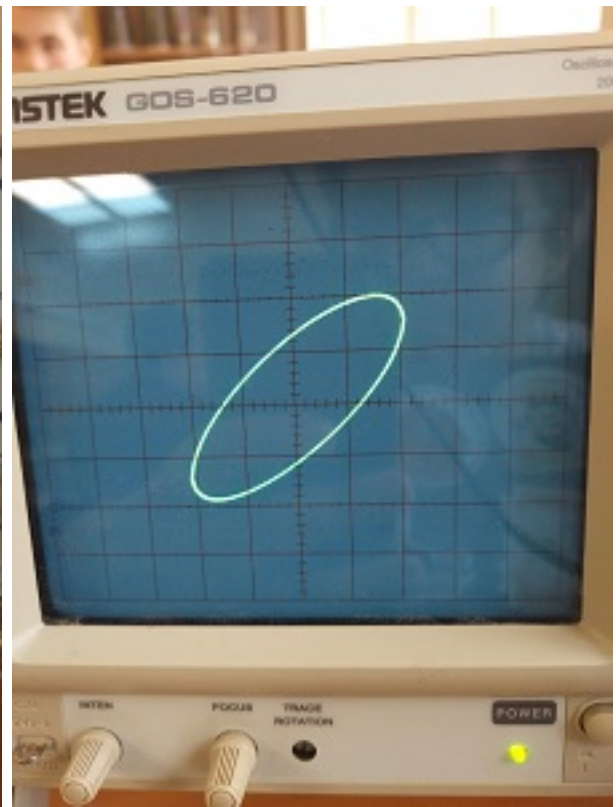
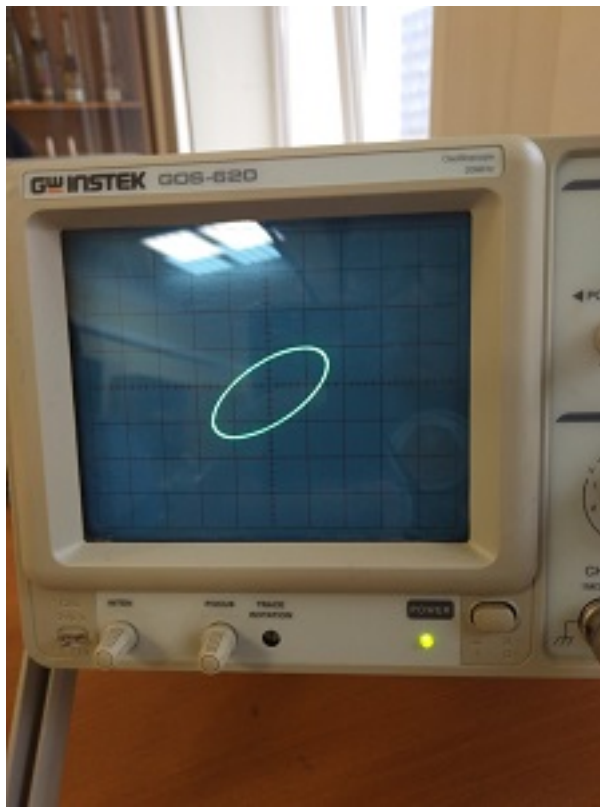
- (а) Подайте синусоидальный сигнал частоты  $f = 1\text{kHz}$  с выхода звукового генератора через тройник (разветвитель) на каналы CH1(X) и преобразователя CH2(Y). Выключите внутреннюю развертку осциллографа, переведя переключатель TIME/DIV в положение X-Y. В этом режиме отклонение луча на экране пропорционально подаваемым на каналы напряжениям  $Y(t) = k_y U_y(t)$ ,  $X(t) = k_x U_x(t)$ , где коэффициенты масштаба  $k_x$ ,  $k_y$  определяются положениями ручек VOLTS/DIV.
- (б) Установите переключатели режимов каналов X и Y в положение GND (выключены) и ручками POSITION установите точку в центр экрана. После этого установите переключатели режимов каналов X и Y в положения AC (закрытые входы). Используя ручки VOLTS/DIV обоих каналов, получите на экране отрезок прямой (вырожденный эллипс) под углом 45 градусов к горизонтали, занимающий большую часть экрана.



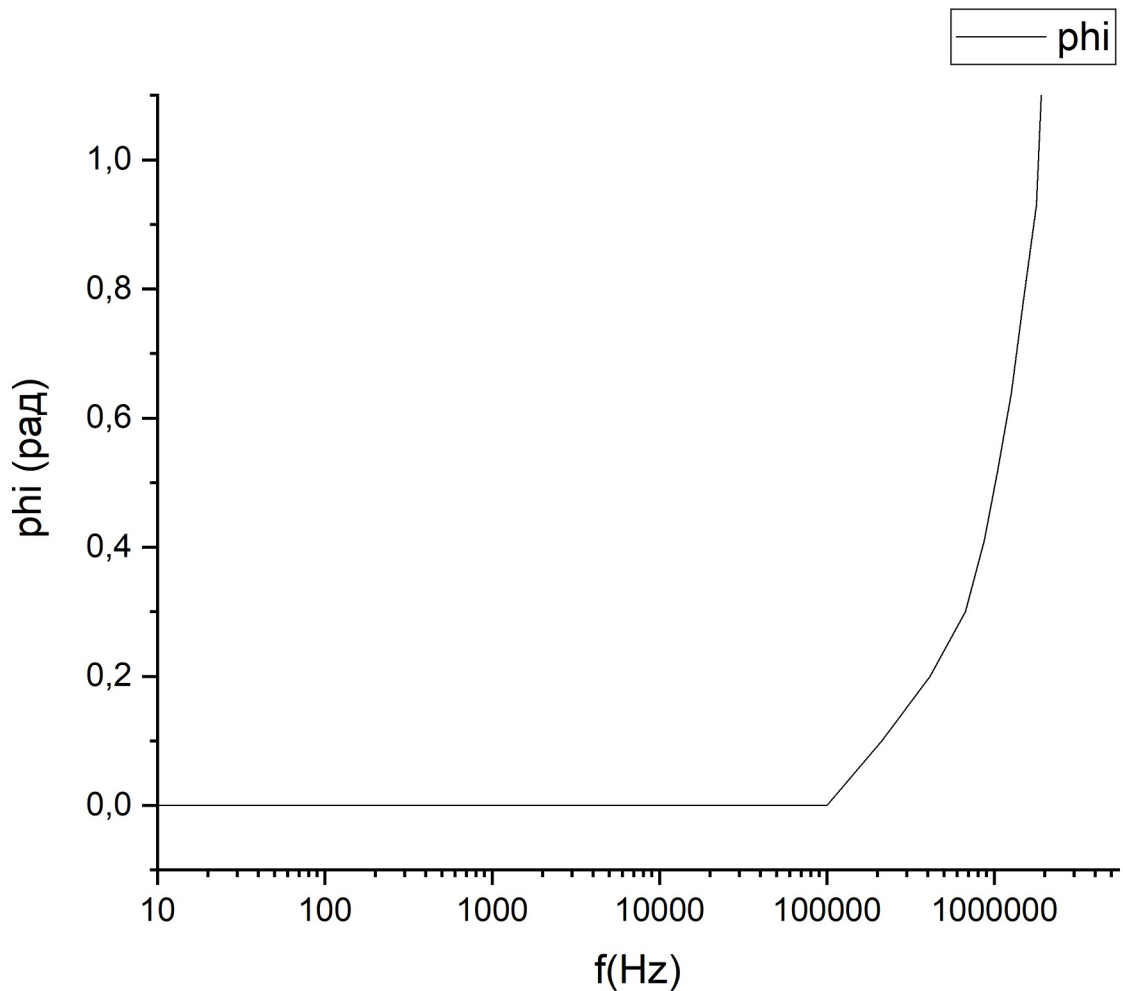
- (с) Изменяя частоту генератора  $f$  во всем доступном диапазоне найдите участки, на которых изображение на экране переходит из отрезка в невырожденный эллипс. На этих участках проведите подробное измерение разности фаз  $\Delta\varphi(f)$  между каналами X и Y в зависимости от частоты.
- (д) Результаты измерений занесем в таблицу.

$f, \text{Hz}$	10	50	100	1000	10000	100000	10000000
$\Delta\varphi, \text{рад}$	0,93	0,34	0,17	0	0	0,08	0,22









При подаче на взаимно перпендикулярные отклоняющие пластины двух синусоидальных сигналов траектория луча на экране осциллографа представляет собой эллипс и может быть в общем виде описана уравнениями

$$x(t) = A_x \sin(\omega t + \varphi_x), \quad y(t) = A_y \sin(\omega t + \varphi_y)$$

$$\omega t = -\varphi_x$$

$$|\Delta\varphi| = \arcsin \left| \frac{y_o}{A_y} \right|$$

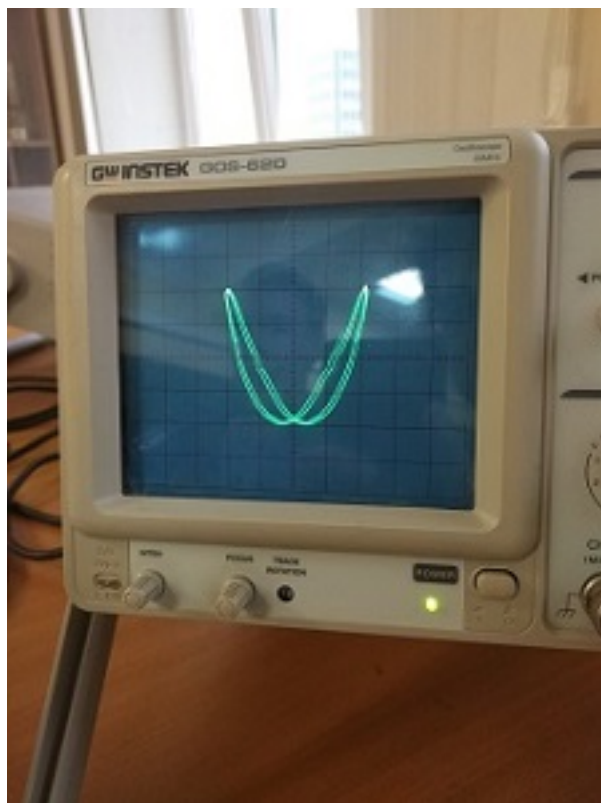
или

$$|\Delta\varphi| = \pi - \arcsin \left| \frac{y_o}{A_y} \right|$$

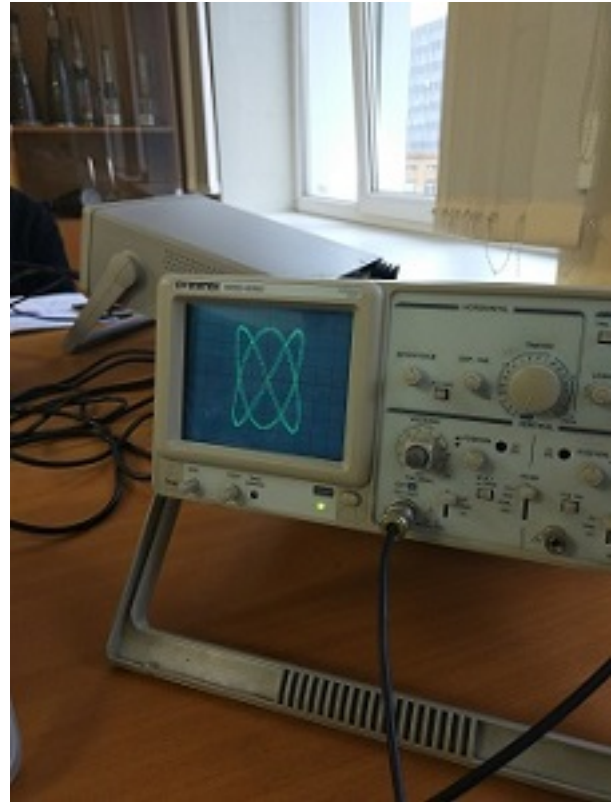
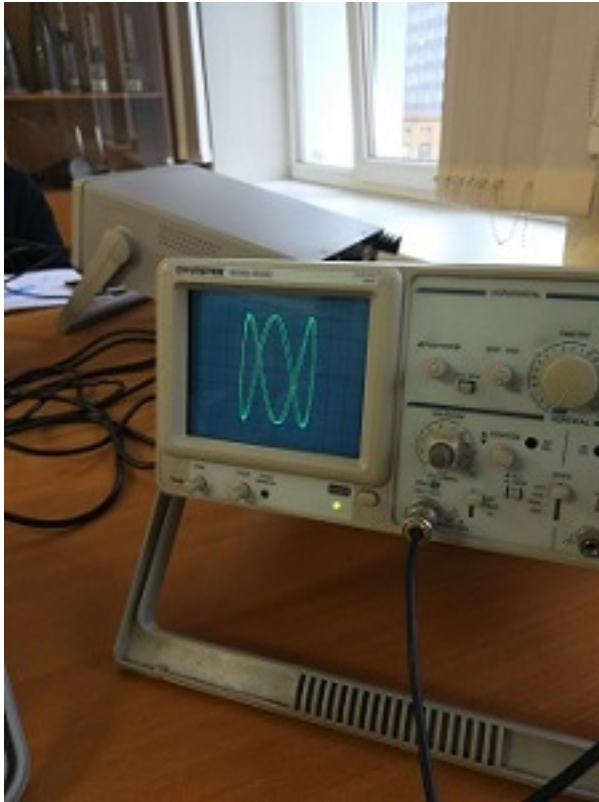
## 7. Наблюдение фигур Лиссажу и измерение частоты.

- (а) Выключите внутреннюю развертку осциллографа (TIME/DIV в положение X-Y). Подайте на вход каналов X и Y осциллографа сигналы с двух разных звуковых генераторов. Установите приблизительно одинаковые частоты генераторов (рекомендуется использовать невысокие частоты  $f \sim 50 \div 100$  Гц). Амплитуды генераторов положения ручек VOLTS/DIV осциллографа установите таким образом, чтобы фигура Лиссажу занимала большую часть экрана, не выходя за его пределы.

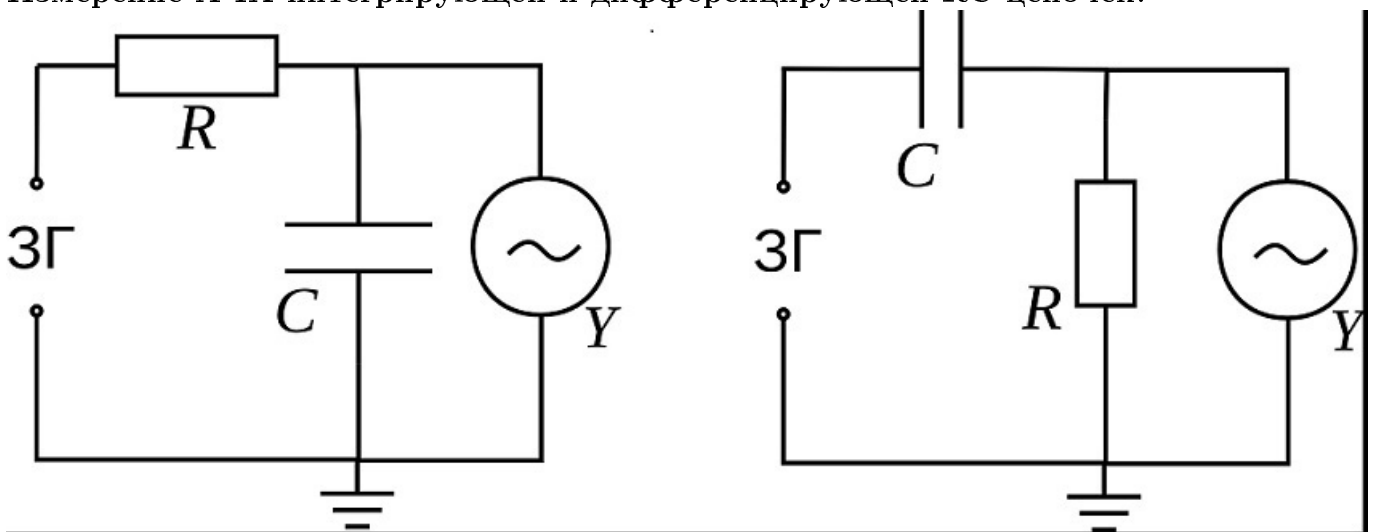
- (b) Изменяя  $f_x$ , получите устойчивые фигуры для нескольких целочисленных отношений частот, например:  $f_y/f_x = 1:1; 2:1;$



3 : 1; 3 : 2.



8. Измерение АЧХ интегрирующей и дифференцирующей RC-цепочек.



$$K_a(f) = \frac{1}{\sqrt{(\omega\tau)^2 + 1}}$$

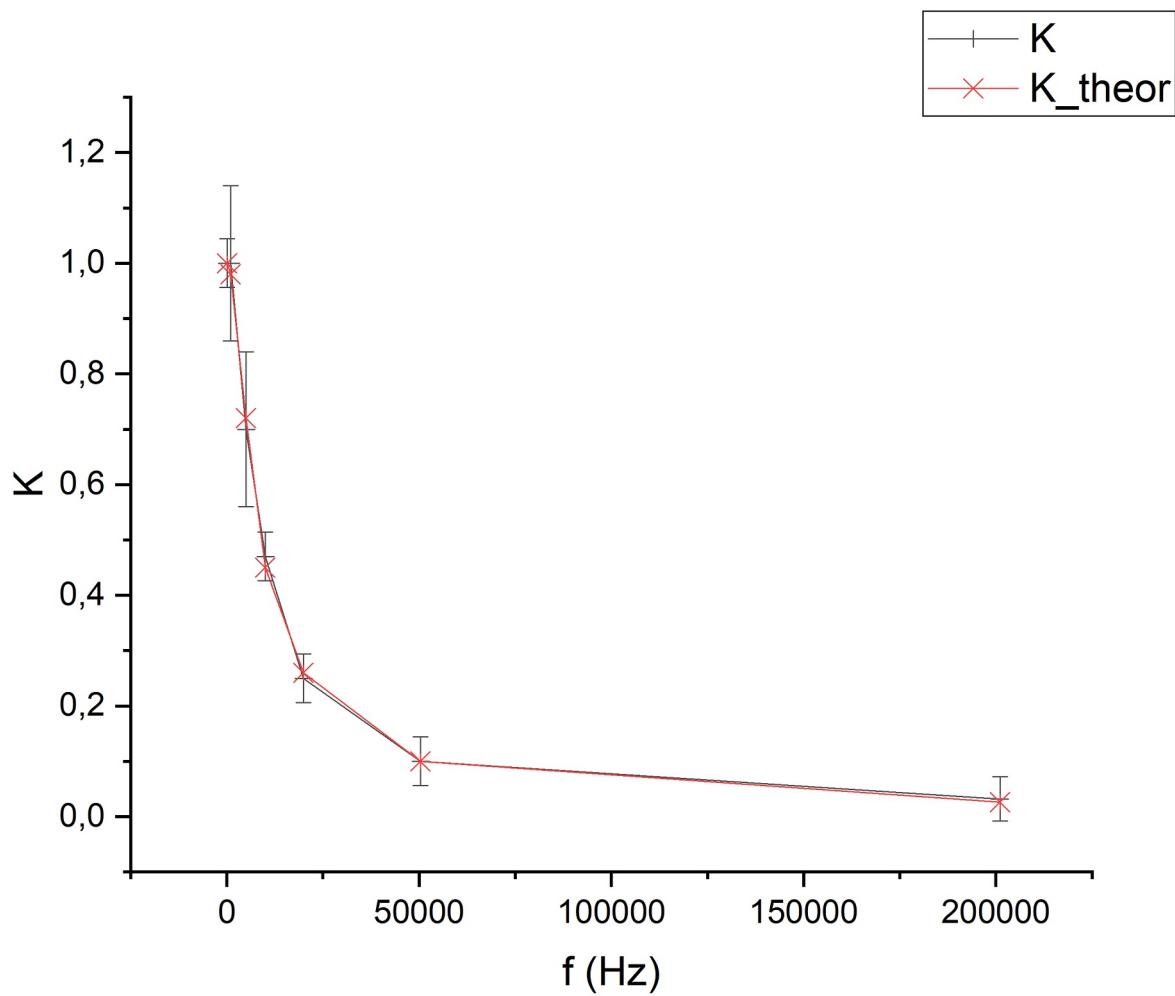
$$K_b(f) = \frac{1}{\sqrt{(\omega\tau)^{-2} + 1}}$$

где  $\tau = RC = 3 * 10^{-5}c$ ,  $\omega = 2\pi f$ .

При проверке для  $f = 5kHz$   $K \approx 0,7$  для обеих цепочек (проверено).

Интегрирующая(а)

$f, Hz$	101	1041	5042	10055	20000	50417	201050
$\sigma_f, Hz$	1	1	1	1	1	1	1
$K$	1	1	0,7	0,47	0,25	0,1	0,032
$k_{theor}$	1	0,98	0,72	0,45	0,26	0,1	0,026
$sigma_K$	0,044	0,14	0,14	0,044	0,044	0,044	0,04



Дифференцирующая (b)

$f, Hz$	101	1008	5007	10440	20132	50060	201340
$\sigma_f, Hz$	1	1	1	1	1	1	1
$K$	0,2	0,2	0,7	0,9	0,95	1	1
$k_{theor}$	0,18	0,19	0,69	0,89	0,97	0,99	1
$\sigma_{K_K}$	0,14	0,14	0,044	0,044	0,04	0,14	0,14

