
**РАБОЧИЙ ПРОТОКОЛ И ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3.00
"ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЛАБОРАТОРНОГО
ОСЦИЛЛОГРАФА"**

Группа: 1.3.1

Студент: Стafeев И.А., Голованов Д.И., Да-
нилов Н.О., Игнатьев А.Ю.

Преподаватель: Рудель А.Е.

К работе допущен:

Работа выполнена:

Отчет принят:

1 Цель работы

- Ознакомление с устройством осциллографа, изучение с его помощью процессов в электрических цепях.

2 Задачи, решаемые при выполнении работы

- Исследование сигналов различной формы, сгенерированных и зафиксированных при помощи собранной установки
- Исследование предельных характеристик прибора
- Изучение сложения взаимно перпендикулярных колебаний кратных частот, получающихся фигур Лиссажу
- Изучение сложения односторонних колебаний мало отличающихся по частоте (биения)
- Изучение сложения односторонних колебаний одинаковой частоты.

3 Метод экспериментального исследования

Генерация сигналов различной формы и с различными начальными параметрами с помощью ГС АКИП-3409, фиксация и замеры численных характеристик получающихся сигналов на ОЦЗ GDS-71102B. Исследование получающихся фигур Лиссажу.

4 Рабочие формулы и исходные данные

1. Уравнения односторонних колебаний близкой частоты

$$\begin{aligned} U_{Y_1} &= U_0 \cos(\omega t) \\ U_{Y_2} &= U_0 \cos((\omega + \Delta\omega)t) \end{aligned} \tag{1}$$

2. Сложение однонаправленных колебаний близкой частоты

$$U_Y = U_{Y_1} + U_{Y_2} = 2U_0 \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right) \cos(\omega t) \quad (2)$$

3. Амплитуда колебаний при сложении однонаправленных колебаний близкой частоты

$$A = |2U_0 \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right)| \quad (3)$$

4. Период колебаний амплитуды при биениях

$$T' = \frac{1}{\nu'} = \frac{1}{\nu_1 - \nu_2} \quad (4)$$

5. Уравнения перпендикулярных колебаний одинаковой частоты с разностью фаз α

$$\begin{aligned} U_X &= U_1 \cos(\omega t) \\ U_Y &= U_2 \cos(\omega t + \alpha) \end{aligned} \quad (5)$$

6. Уравнение суммы взаимно перпендикулярных колебаний. Уравнение эллипса

$$\frac{U_X^2}{U_1^2} + \frac{U_Y^2}{U_2^2} - \frac{2U_X U_Y}{U_1 U_2} \cos(\alpha) = \sin^2(\alpha) \quad (6)$$

7. Сдвиг фаз α между двумя сигналами

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{U_{Y_1}}{U_{Y_{\max}}}\right) = \arcsin\left(\frac{U_{Y_1}}{U_2}\right) \quad (7)$$

8. Отношение частот взаимоперпендикулярных колебаний к количеству пересечений получившейся фигурой Лиссажу осей X и Y

$$\frac{\nu_X}{\nu_Y} = \frac{n_X}{n_Y} \quad (8)$$

9. Амплитуда суммы однонаправленных колебаний одинаковой частоты с начальными фазами α_1 и α_2

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1 U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (9)$$

10. Начальная фаза суммы однонаправленных колебаний одинаковой частоты

$$\operatorname{tg}(\alpha_{\text{рез}}) = \frac{U_1 \sin(\alpha_1) + U_2 \sin(\alpha_2)}{U_1 \cos(\alpha_1) + U_2 \cos(\alpha_2)} \quad (10)$$

11. Относительное отклонение между измерениями

$$\Delta = \frac{|X_{\text{изм.}} - X_{\text{эталон.}}|}{X_{\text{эталон.}}} \cdot 100\% \quad (11)$$

12. Погрешность частоты

$$\Delta\nu = \sqrt{\left(\frac{\delta(\frac{1}{T})}{\delta T} \Delta T\right)^2} = \frac{\Delta T}{T^2} \quad (12)$$

5 Измерительные приборы:

№	Наименование	Предел измерений	Δ_i
1	Полоса пропускания	0 МГц - 100 МГц	
2	Коэффициент отклонения	1 мВ/дел - 10 В/дел	$\pm 3\%$
3	Коэффициент развертки	1 нс/дел - 100 с/дел	$\pm 0.002\%$
4	Частотный диапазон синуса и меандра	1 мкГц - 10 МГц	$\pm 10^{-4}$
5	Частотный диапазон пилообразного сигнала	1 мкГц - 300 кГц	$\pm 10^{-4}$
6	Установки уровня на 1 кГц (ампл. $A \geq 1$)	1 мкВ - 6 В	$\pm(0.01A + 10\text{мВ})$

Таблица 1 — Измерительные приборы

6 Схема установки:

Установка состоит из ОЦЗ GDS-71102B, ГС АКИП-3409, стенда С3-ЭМ01 и соединительных проводов BNC/штекер, BNC/BNC и Штекер/штекер.

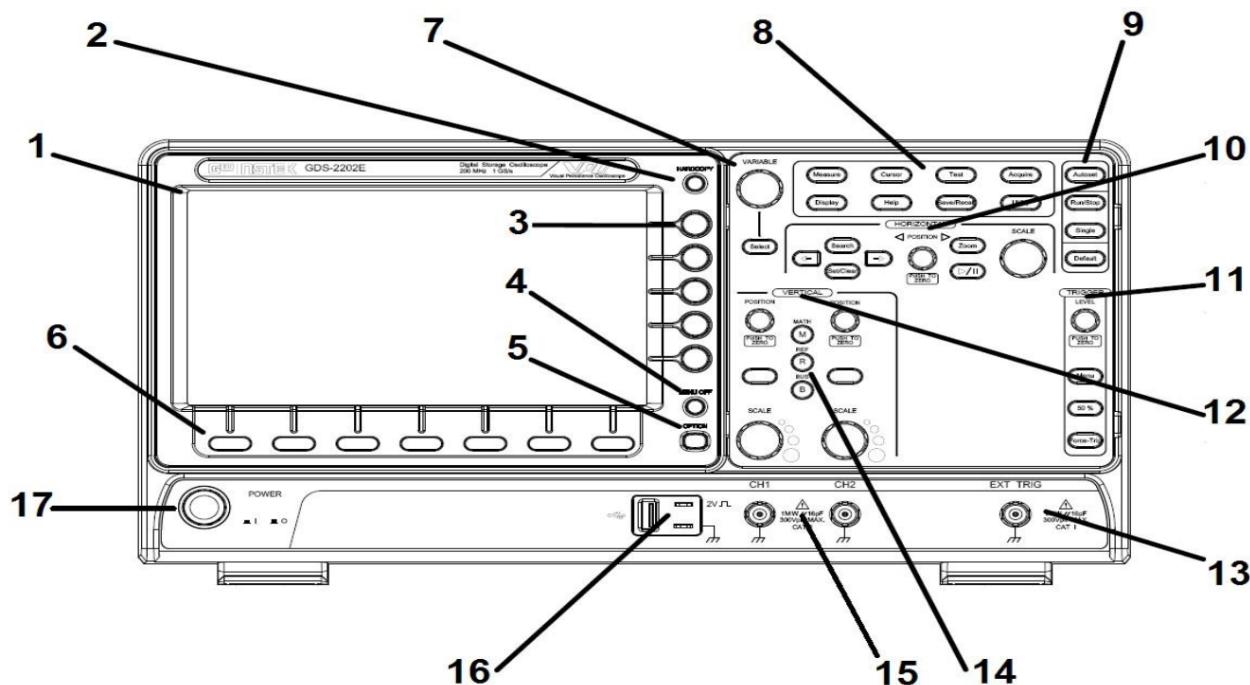


Рисунок 1 — Схема рабочей панели осциллографа ОЦЗ GDS-71102B

Числами на рисунке 1 обозначены: 1- дисплей, 2 – кнопка сохранения, 3 – боковые кнопки меню, 4 – меню выкл., 5 – опции, 6 – нижние кнопки меню, 7 – регулирования и подтверждение заданных параметров, 8 - органы управления дополнительными возможностями, 9 – настройка отображения сигнала, 10 – горизонтальные регуляторы, 11 – система запуска, 12 – вертикальные регуляторы, 13 - входное гнездо источника внешней синхронизации, 14 – функциональные кнопки, 15 - входные разъемы, 16 – разъем USB HOST, 17 – вкл./выкл. электропитания.



Рисунок 2 — Схема рабочей панели осциллографа ГС АКИП-3409

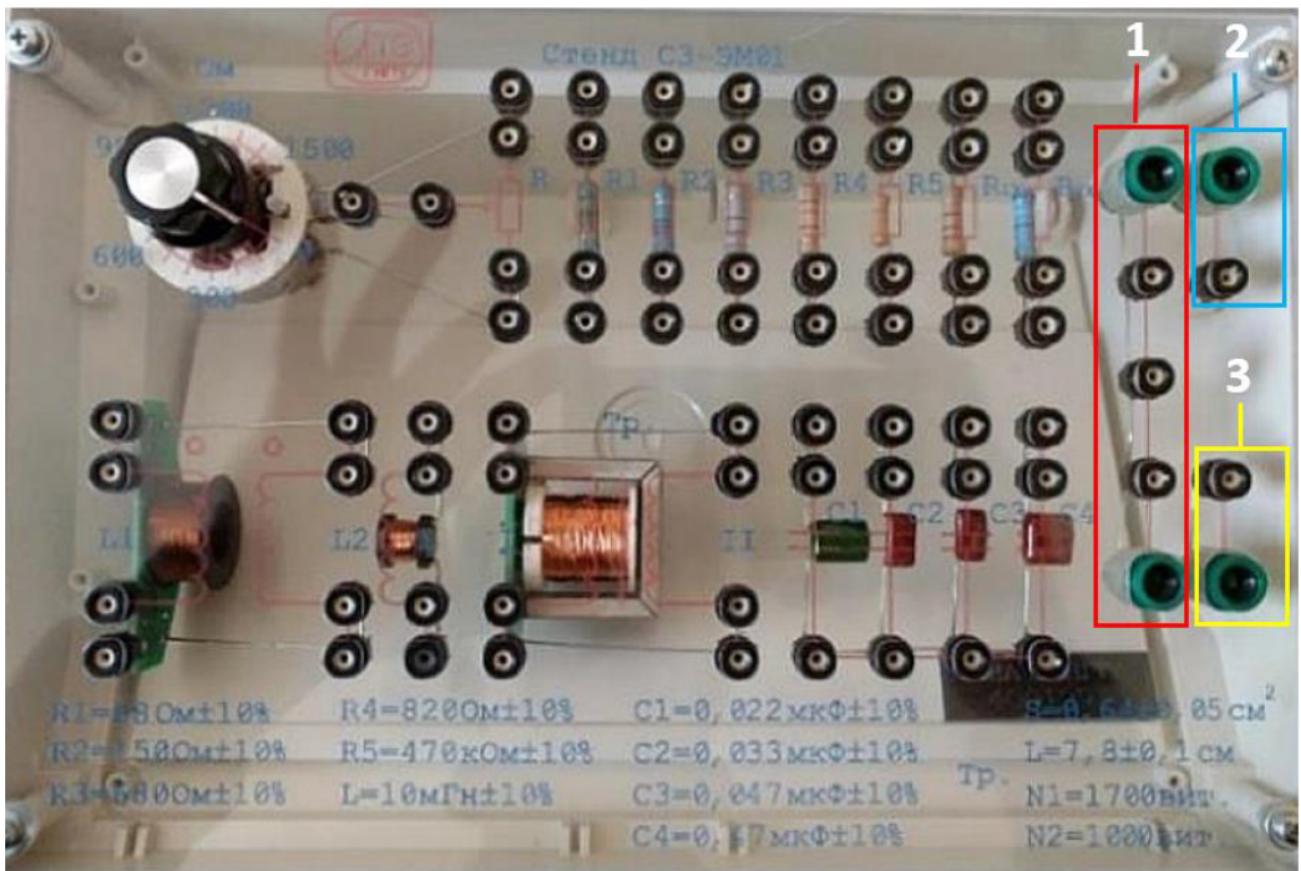


Рисунок 3 — Стенд С3-ЭМ01

Числами на рисунке 3 обозначены 1-шина на 5 гнезд, 2 и 3 -шина на 2 гнезда.

Для соединения ОЦЗ и ГС АКИП-3409 и стендом С3-ЭМ01 необходимо:

- Подключить один провод BNC/Штекер разъёмом BNC к одному из выходных каналов (CH1/CH2) ГС АКИП-3409. Ответную часть этого провода соединить так: черный провод подключить к шине 1 стендса, красный к шине 3.
- Второй провод BNC/Штекер разъемом штекер соединить следующим образом: черный провод подключить к шине 1, красный к шине 2. Ответную часть подключить к соответствующему каналу ОЦЗ (CH1/CH2).
- Используя одну из перемычек соединить шины 2 и 3.

7 Прямые измерения

Для задания №1 масштабы на ОЦЗ следующие: $K_x = 500$ мкс, $K_y = 200$ мВ.

Таблица 2 — Измеренные характеристики синусоидального сигнала

Характеристика/Источник	Автоматические	Курсор	ГС АКИП
Частота, кГц	0.998	1.005	1.000
Амплитуда, В	0.992	1.030	1.000
Период, мс	0.999	0.995	1.000

Таблица 3 — Измеренные характеристики прямоугольного сигнала

Характеристика/Источник	Автоматические	Курсор	ГС АКИП
Частота, кГц	1.001	1.000	1.000
Амплитуда, В	1.000	1.030	1.000
Период, мс	0.999	1.000	1.000

Таблица 4 — Измеренные характеристики пилообразного сигнала (Sym 25%)

Характеристика/Источник	Автоматические	Курсор	ГС АКИП
Частота, кГц	0.995	1.005	1.000
Амплитуда, В	0.752	1.020	1.000
Период, мс	1.005	0.995	1.000

Для задания №3 масштабы на ОЦЗ следующие: $K_x = 50$ мкс, $K_y = 500$ мВ. Начальные данные сигналов для задания №3 - Частота – 10 кГц; Амплитуда – 3 В; Смещение – 0 мс; Фаза - 0° .

Таблица 5 — Начальные данные и измеренный сдвиг фаз между сигналами для фигур Лиссажу

Соотношение частот	Фаза 1, °	Фаза 2, °	Разность фаз, °	Измеренный сдвиг фаз, °
1:1	0	0	0	0.6
1:1	45	0	45	45.7
1:1	90	0	90	90.6
1:1	135	0	135	135.5
1:1	180	0	180	179.8
1:2	0	0	0	0.2
1:2	45	0	45	45.6
1:2	90	0	90	90.4
1:2	135	0	135	135.1
1:2	180	0	180	-0.4
1:3	0	0	0	-1.2
1:3	45	0	45	45.0
1:3	90	0	90	87.7
1:3	135	0	135	13.3
1:3	180	0	180	59.0
2:3	0	0	0	-0.2
2:3	45	0	45	45.0
2:3	90	0	90	90.6
2:3	135	0	135	-165.2
2:3	180	0	180	60.5

Полученные изображения фигур Лиссажу приведены в разделе 9. Для соотношения частот 1:3, разность фаз 45° сдвиг фаз был посчитан через формулу 7.



Рисунок 4 — Фигуры Лиссажу при соотношении частот 1:3 и разносом фаз 45°

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{2}{3}\right) \approx 42.642^\circ$$

Для соотношения частот 2:3 (19998 Гц : 30000 Гц) и разности фаз 180° получена изменяющаяся во времени картинка сложения частот, посмотреть которую можно по ссылке https://drive.google.com/file/d/1SR7gXJUP2W3IeQSIBQSDVM69NU-E_eh1/view?usp=sharing

Для задания №4 масштабы на ОЦЗ следующие: $K_x = 200$ мкс, $K_y = 200$ мВ.

Таблица 6 — Характеристики сложения однонаправленных колебаний мало отличающихся по частоте

Характеристика/Измерение	Автоматическое	Курсор
Амплитуда, В	1.96	2.04
Период, мс	0.966	1.000

Для задания №5 масштабы на ОЦЗ приведены в таблице

Таблица 7 — Сложение однонаправленных сигналов одинаковой частоты

K_x , мкс	500	K_y , В	0.5
Канал	Частота, кГц	Амплитуда, В	Начальная фаза, °
1	1.00	1.00	30
2	1.00	1.10	0
Сложение сигналов	-	1.96	-
K_x , мкс	500	K_y , В	1
1	1.00	3.30	20
2	1.00	3.00	65
Сложение сигналов	-	5.76	-
1	15.00	2.00	10
2	15.00	1.80	45
Сложение сигналов	-	3.68	-

8 Косвенные измерения

$$\Delta_{\nu 1} = \frac{|0.998 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.2\%$$

$$\Delta_{A1} = \frac{|0.992 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.8\%$$

$$\Delta_{T1} = \frac{|0.999 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.1\%$$

$$\Delta_{\nu 2} = \frac{|1.005 - 0.998|}{0.998} \cdot 100\% = 0.7\%$$

$$\Delta_{A2} = \frac{|1.030 - 0.992|}{0.992} \cdot 100\% = 3.83\%$$

$$\Delta_{T2} = \frac{|0.995 - 0.999|}{0.999} \cdot 100\% = 0.4\%$$

Для прямоугольного сигнала:

$$\Delta_{\nu 1} = \frac{|1.001 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.1\%$$

$$\Delta_{A1} = \frac{|1.000 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0\%$$

$$\Delta_{T1} = \frac{|0.999 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.1\%$$

$$\Delta_{\nu 2} = \frac{|1.000 - 1.001|}{1.001} \cdot 100\% = 0.1\%$$

$$\Delta_{A2} = \frac{|1.030 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 3\%$$

$$\Delta_{T2} = \frac{|1.000 - 0.999|}{0.999} \cdot 100\% = 0.1\%$$

Для пилообразного сигнала:

$$\Delta_{\nu 1} = \frac{|0.995 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.5\%$$

$$\Delta_{A1} = \frac{|0.752 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 24.8\%$$

$$\Delta_{T1} = \frac{|1.005 - 1.000|}{1.000} \cdot 100\% = 0.5\%$$

$$\Delta_{\nu 2} = \frac{|1.005 - 0.995|}{0.995} \cdot 100\% = 1\%$$

$$\Delta_{A2} = \frac{|1.020 - 0.752|}{0.752} \cdot 100\% = 35.6\%$$

$$\Delta_{T2} = \frac{|0.995 - 1.005|}{1.005} \cdot 100\% = 1\%$$

Задание 4.

$$A_{\max} = 2U_0 = 2 \cdot 1\text{B} = 2 \text{ B}$$

$$T' = \frac{1}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{1}{1070 - 1000} = \frac{1}{70} \text{ с} \approx 14280 \text{ мкс}$$

Задание №5.

$$U_{\text{слож1}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2\cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \sqrt{1\text{B}^2 + 1.21\text{B}^2 + 2 \cdot 1 \cdot 1.1\text{B} \cdot \cos(-30^\circ)} \approx 2.029 \text{ B}$$

$$U_{\text{слож2}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2\cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \sqrt{10.89\text{B}^2 + 9\text{B}^2 + 2 \cdot 3.3 \cdot 3\text{B} \cdot \cos(45^\circ)} \approx 5.82 \text{ B}$$

$$U_{\text{слож2}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2\cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \sqrt{4\text{B}^2 + 3.24\text{B}^2 + 2 \cdot 2 \cdot 1.8\text{B} \cdot \cos(35^\circ)} \approx 3.63 \text{ B}$$

9 Графики

Графики для задания №2:

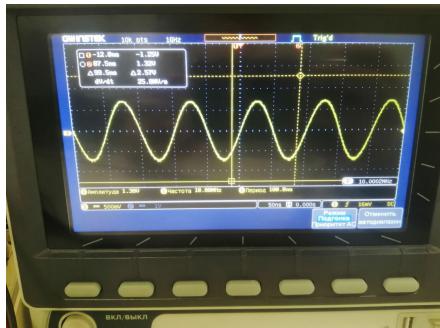


Рисунок 5 — Синусоидальный сигнал при частоте 10 МГц

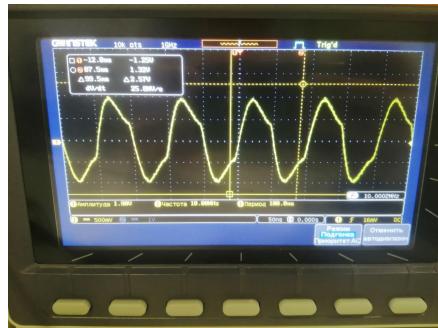


Рисунок 6 — Прямоугольный сигнал при частоте 10 МГц

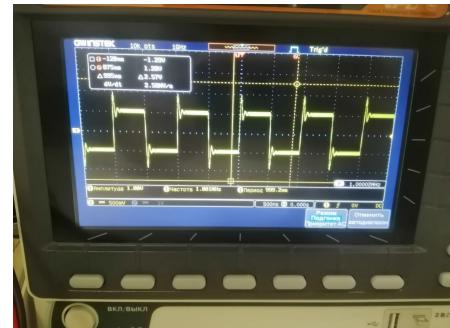


Рисунок 7 — Прямоугольный сигнал при частоте 1 МГц



Рисунок 8 — Синусоидальный сигнал при частоте 3 Гц



Рисунок 9 — Прямоугольный сигнал при частоте 3 Гц

Полученные для задания №3 фигуры Лиссажу:



Рисунок 10 — Соотношение частот 1:1, разность фаз 0°

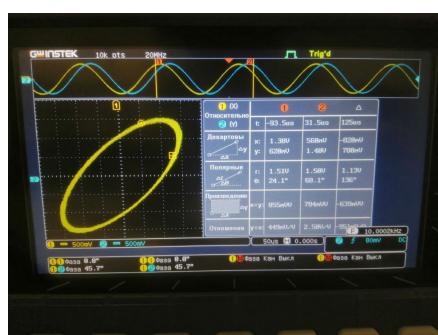


Рисунок 11 — Соотношение частот 1:1, разность фаз 45°

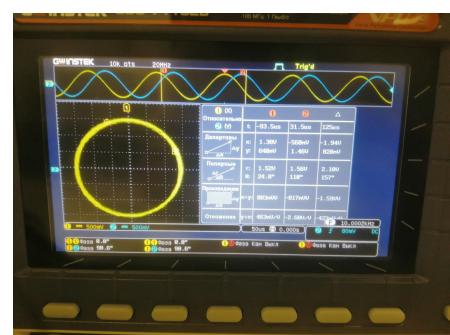


Рисунок 12 — Соотношение частот 1:1, разность фаз 90°

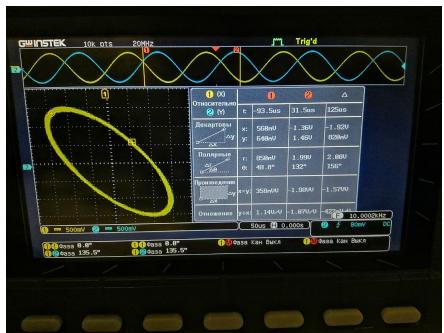


Рисунок 13 — Соотношение частот 1:1, разность фаз 135°



Рисунок 14 — Соотношение частот 1:1, разность фаз 180°

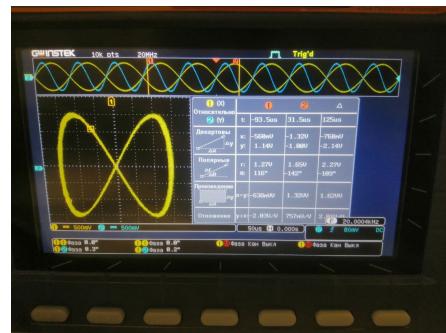


Рисунок 15 — Соотношение частот 1:2, разность фаз 0°

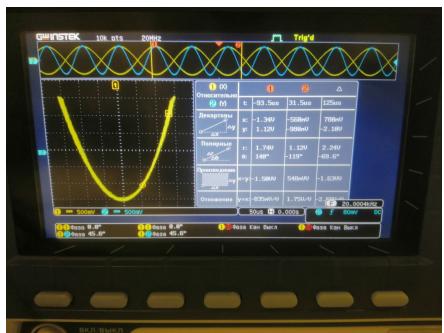


Рисунок 16 — Соотношение частот 1:2, разность фаз 45°

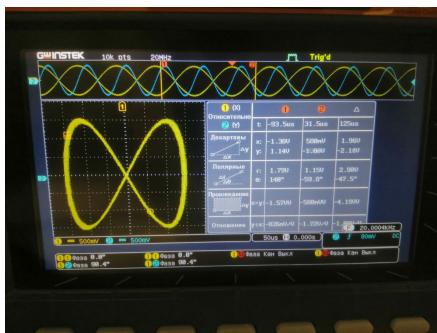


Рисунок 17 — Соотношение частот 1:2, разность фаз 90°

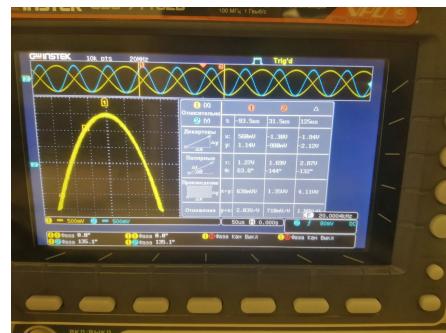


Рисунок 18 — Соотношение частот 1:2, разность фаз 135°

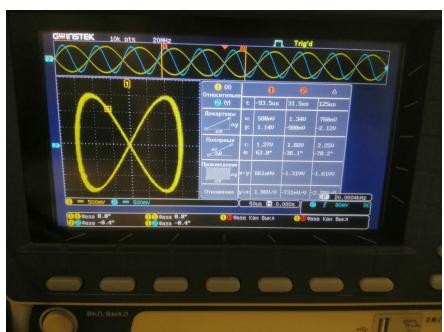


Рисунок 19 — Соотношение частот 1:2, разность фаз 180°

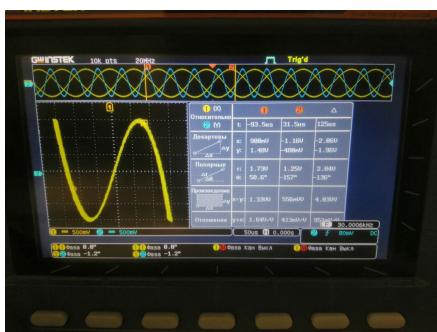


Рисунок 20 — Соотношение частот 1:3, разность фаз 0°



Рисунок 21 — Соотношение частот 1:3, разность фаз 45°

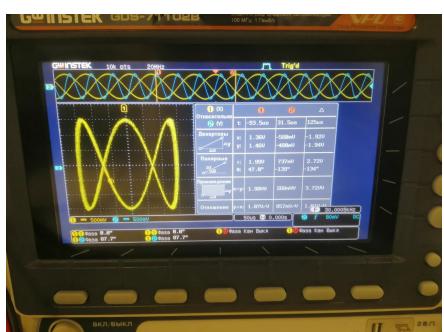


Рисунок 22 — Соотношение частот 1:3, разность фаз 90°

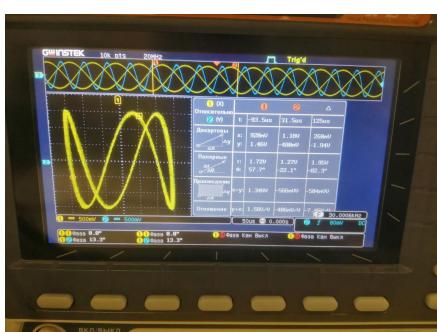


Рисунок 23 — Соотношение частот 1:3, разность фаз 135°

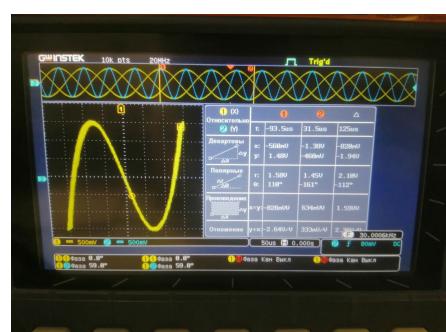


Рисунок 24 — Соотношение частот 1:3, разность фаз 180°

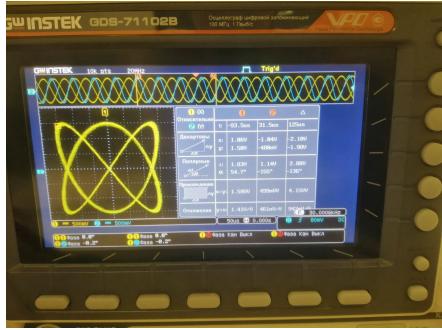


Рисунок 25 — Соотношение частот 2:3, разность фаз 0°

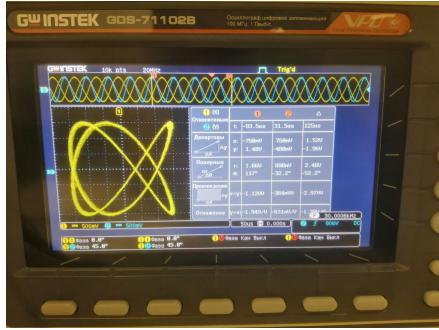


Рисунок 26 — Соотношение частот 2:3, разность фаз 45°

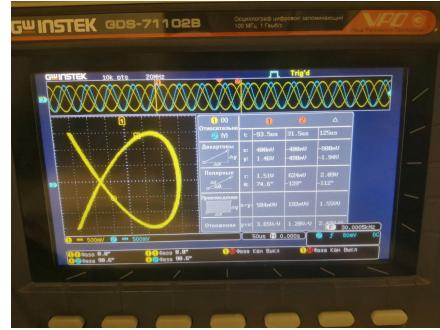


Рисунок 27 — Соотношение частот 2:3, разность фаз 90°

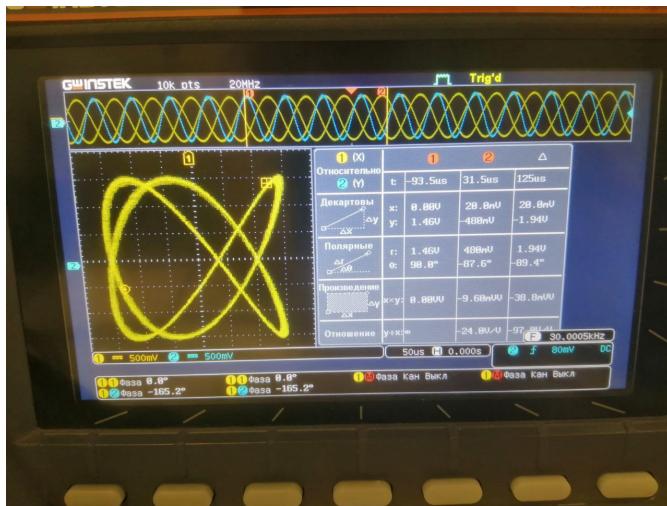


Рисунок 28 — Соотношение частот 2:3, разность фаз 135°

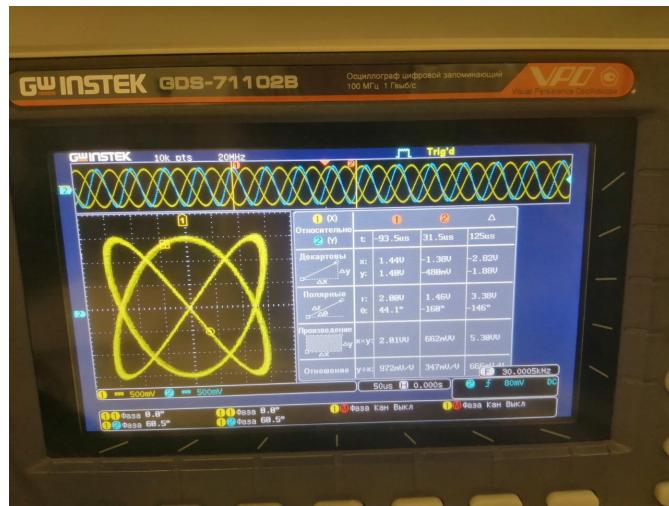


Рисунок 29 — Соотношение частот 2:3, разность фаз 180°

Для соотношения частот 2:3 (19998 Гц : 30000 Гц) и разности фаз 180° получена изменяющаяся во времени картинка сложения частот, посмотреть которую можно по ссылке https://drive.google.com/file/d/1SR7gXJUP2W3IeQSiBQSDVM69NU-E_eh1/view?usp=sharing

10 Окончательные результаты

Задание 1.

$$\Delta_A = \delta_y \cdot K_y = 0.2B \cdot 0.03 = 0.06 \text{ В}$$

$$\Delta_T = \delta_x \cdot K_x = 0.5c \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 10^{-5}c = 0.01 \text{ мс}$$

$$\Delta_\nu = \sqrt{\left(\frac{\delta(\frac{1}{T})}{\delta T}\Delta_T\right)^2} = \frac{\Delta T}{T^2}$$

$$\Delta_{\nu_{\text{авт.}}} = \Delta_{\nu_{\text{руч.}}} = 10 \text{ Гц}$$

Для синусоидального сигнала:

$$A_{\text{авт.}} = (1.00 \pm 0.06) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{авт.}}} = 6\%; \alpha = 1$$

$$A_{\text{руч.}} = (1.01 \pm 0.06) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{руч.}}} = 6\%; \alpha = 1$$

$$T_{\text{авт.}} = (1.00 \pm 0.01) \text{ мс}; \varepsilon_{T_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1$$

$$T_{\text{руч.}} = (1.00 \pm 0.01) \text{ мс}; \varepsilon_{T_{\text{руч.}}} = 1\%; \alpha = 1$$

$$\nu_{\text{авт.}} = (998 \pm 10) \text{ Гц}; \varepsilon_{\nu_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1$$

$$\nu_{\text{руч.}} = (1005 \pm 10) \text{ Гц}; \varepsilon_{\nu_{\text{руч.}}} = 1\%; \alpha = 1$$

Для прямоугольного сигнала:

$$\begin{aligned}A_{\text{авт.}} &= (1.00 \pm 0.06) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{авт.}}} = 6\%; \alpha = 1 \\A_{\text{руч.}} &= (1.03 \pm 0.06) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{руч.}}} = 6\%; \alpha = 1 \\T_{\text{авт.}} &= (1.00 \pm 0.01) \text{ мс}; \varepsilon_{T_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1 \\T_{\text{руч.}} &= (1.00 \pm 0.01) \text{ мс}; \varepsilon_{T_{\text{руч.}}} = 1\%; \alpha = 1 \\\nu_{\text{авт.}} &= (1001 \pm 10) \text{ Гц}; \varepsilon_{\nu_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1 \\\nu_{\text{руч.}} &= (1000 \pm 10) \text{ Гц}; \varepsilon_{\nu_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1\end{aligned}$$

Для пилообразного сигнала:

$$\begin{aligned}A_{\text{авт.}} &= (0.75 \pm 0.06) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{авт.}}} = 8\%; \alpha = 1 \\A_{\text{руч.}} &= (1.02 \pm 0.06) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{руч.}}} = 6\%; \alpha = 1 \\T_{\text{авт.}} &= (1.00 \pm 0.01) \text{ мс}; \varepsilon_{T_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1 \\T_{\text{руч.}} &= (1.00 \pm 0.01) \text{ мс}; \varepsilon_{T_{\text{руч.}}} = 1\%; \alpha = 1 \\\nu_{\text{авт.}} &= (995 \pm 10) \text{ Гц}; \varepsilon_{\nu_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1 \\\nu_{\text{руч.}} &= (1005 \pm 10) \text{ Гц}; \varepsilon_{\nu_{\text{авт.}}} = 1\%; \alpha = 1\end{aligned}$$

Задание №3.

$$\begin{aligned}\Delta_\varphi &= K_x \cdot \delta_x = 50^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 0.001^\circ \\\varphi_{\text{авт.}} &= (45.000 \pm 0.001)^\circ; \varepsilon_{\varphi_{\text{авт.}}} = 0.002\%; \alpha = 1 \\\varphi_{\text{теор.}} &= 45^\circ \in (45.000 \pm 0.001)^\circ \\\varphi_{\text{руч.}} &= (42.642 \pm 0.001)^\circ; \varepsilon_{\varphi_{\text{авт.}}} = 0.002\%; \alpha = 1\end{aligned}$$

Задание 4.

$$\begin{aligned}\Delta_A &= K_y \cdot \delta_y = 0.2 \cdot 0.03 \text{ В} \approx 0.01 \text{ В} \\\Delta_T &= K_x \cdot \delta_x = 0.2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ с} = 4 \text{ мкс} \\A_{\text{авт.}} &= (1.96 \pm 0.1) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{авт.}}} = 5.1\%; \alpha = 1 \\A_{\text{max}} &= 2 \text{ В} \notin (1.96 \pm 0.1) \text{ В} \\A_{\text{руч.}} &= (2.04 \pm 0.1) \text{ В}; \varepsilon_{A_{\text{авт.}}} = 4.9\%; \alpha = 1 \\A_{\text{max}} &= 2 \text{ В} \notin (2.04 \pm 0.1) \text{ В} \\T'_{\text{авт.}} &= (966 \pm 4) \text{ мкс}; \varepsilon_{T'_{\text{авт.}}} = 0.4\%; \alpha = 1 \\T' &= 14280 \text{ мкс} \notin (966 \pm 4) \text{ мкс} \\T'_{\text{руч.}} &= (1000 \pm 4) \text{ мкс}; \varepsilon_{T'_{\text{авт.}}} = 0.4\%; \alpha = 1 \\T' &= 14280 \text{ мкс} \notin (1000 \pm 4) \text{ мкс}\end{aligned}$$

Задание №5.

$$\begin{aligned}\Delta_{U_{\text{слож1}}} &= K_{y1} \cdot \delta_y = 0.015 \text{ В} \\U_{\text{слож1}} &= (1.96 \pm 0.015); \varepsilon_{U_{\text{слож1}}} = 0.75\%; \alpha = 1 \\U_{\text{эксп1}} &= 2.029 \text{ В} \notin (2.029 \pm 0.015) \text{ В} \\&\Delta_{U_{\text{слож2}}} = K_{y2} \cdot \delta_y = 0.03 \text{ В} \\U_{\text{слож2}} &= (5.76 \pm 0.03); \varepsilon_{U_{\text{слож2}}} = 0.51\%; \alpha = 1 \\U_{\text{эксп1}} &= 5.82 \text{ В} \notin (5.82 \pm 0.03) \text{ В} \\&\Delta_{U_{\text{слож3}}} = K_{y3} \cdot \delta_y = 0.03 \text{ В} \\U_{\text{слож3}} &= (3.68 \pm 0.03); \varepsilon_{U_{\text{слож3}}} = 0.83\%; \alpha = 1 \\U_{\text{эксп1}} &= 3.63 \text{ В} \notin (3.63 \pm 0.03) \text{ В}\end{aligned}$$

11 Выводы и анализ результатов работы

Задание №1.

Заданные на генераторе сигналов характеристики сигналов (амплитуда и период), а также вычисленная частота входят в доверительные интервалы измеренных характеристик как в ручном, так и в автоматическом режиме, за исключением амплитуды пилообразного сигнала.

Задание №2.

Для отображения синусоидального сигнала используется только основная частота, поэтому вне зависимости от частоты сигнала он будет отображаться "нормально" (похожим на синус). Для отображения меандра используются его нечетные гармоники, которых при сигнале частотой 10 МГц задействована третья (70 МГц, полоса пропускания осциллографа 100 МГц), что недостаточно для корректного отображения сигнала.

При уменьшении частоты до 1 МГц в отображении сигнала уже участвуют гораздо больше нечетных гармоник, поэтому сигнал становится похож на теоретический.

При небольшой частоте (3 Гц) оба вида сигнала соответствуют теоретическому по аналогичным соображениям.

Задание №3.

Заданная на генераторе сигналов разность фаз попала в доверительный интервал автоматического измеренного сдвига фаз на осциллографе, но не попала в доверительный интервал для посчитанного вручную сдвига фаз. Из-за непонятной документации к ОЦЗ у нас нет уверенности относительно посчитанной погрешности сдвига фаз.

При изменении одной из частот сигнала на сотую долю процента движение происходит по кривой, принимающей форму различных значений фигур Лиссажу для соответствующего соотношения частот (см. видео). Это соотносится с теорией.

Задание №4.

Теоретические значения максимальной амплитуды биений и периоды биений не попадают в доверительные интервалы измеренных значений (и автоматически, и курсором). В случае амплитуды такой результат мог возникнуть из-за достаточно высокой погрешности измерения по y . В случае периода несовпадение возникает, вероятно, из-за того, что осциллограф посчитал результирующий период, а не период колебаний.

Задание №5.

Теоретическая амплитуда сложения однонаправленных колебаний одинаковой частоты не входит в доверительный интервал экспериментального значения во всех трех опытах. Это может быть связано как с особенностями осциллографа (погрешностью коэффициента отклонения и быстро меняющимися значения измерений), так и с человеческим фактором.