
Группа Р3208

К работе допущен _____

Студент Ступин Т.Р. Петров В.М. Есоян В.С.

Работа выполнена _____

Преподаватель Сорокина Е.К.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.00

Изучение электрических сигналов с помощью лабораторного осциллографа

1. Цель работы.

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

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Исследование сигналов различной формы.
2. Исследование предельных характеристик прибора.
3. Изучение сложения взаимно перпендикулярных колебаний кратных частот (Фигуры Лиссажу).
4. Изучение сложения однонаправленных колебаний, мало отличающихся по частоте (биения).
5. Изучение сложения однонаправленных колебаний одинаковой частоты.

3. Объект исследования

Электрические сигналы различной формы, колебания частот, биения генератора ГС АКИП-3409 и Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B.

4. Метод экспериментального исследования.

Изучение с помощью осциллографа и подаваемых с него сигналов на ГС АКИП-3409 процессов в электрических цепях.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

- Относительное отклонение частоты сигнала:

$$\delta_{\nu_{\text{авт}}} = \frac{\nu_{\text{ген}} - \nu_{\text{авт}}}{\nu_{\text{авт}}} \cdot 100\%$$

$$\delta_{\nu_{\text{ручн}}} = \frac{\nu_{\text{авт}} - \nu_{\text{ручн}}}{\nu_{\text{ручн}}} \cdot 100\%$$

- Относительное отклонение амплитуды сигнала:

$$\delta_{A_{\text{авт}}} = \frac{A_{\text{ген}} - A_{\text{авт}}}{A_{\text{авт}}} \cdot 100\%$$

$$\delta_{A_{\text{ручн}}} = \frac{A_{\text{авт}} - A_{\text{ручн}}}{A_{\text{ручн}}} \cdot 100\%$$

- Относительное отклонение периода сигнала:

$$\delta_{T_{\text{авт}}} = \frac{T_{\text{ген}} - T_{\text{авт}}}{T_{\text{авт}}} \cdot 100\%$$

$$\delta_{T_{\text{ручн}}} = \frac{T_{\text{авт}} - T_{\text{ручн}}}{T_{\text{ручн}}} \cdot 100\%$$

- Сдвиг фаз между колебаниями:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{U_{Y1}}{U_{Y\max}}\right) = \arcsin\left(\frac{U_{Y1}}{U_2}\right)$$

- U_{Y1} – значение напряжения по оси Y при $U_X = 0$
- $U_{Y\max}$ – максимальное значение напряжения по оси Y

- Результирующее колебание при биениях:

$$U_Y = U_{Y1} + U_{Y2} = 2U_0 \cos\left[\frac{\Delta\omega}{2}t\right] \cos(\omega t)$$

- $U_{Y1} = U_0 \cos(\omega t)$ – первое колебание
- $U_{Y2} = U_0 \cos[(\omega + \Delta\omega)t]$ – второе колебание

- начальные фазы обоих колебаний равны нулю
- Амплитуда биений:

$$A = \left| 2U_0 \cos \left[\frac{\Delta\omega}{2} t \right] \right|$$

- Амплитуда U результирующих колебаний при сложении однонаправленных колебаний:

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

- U_1, U_2 – амплитуды складываемых колебаний
- α_1, α_2 – начальные фазы складываемых колебаний.

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B	электронный	-	-
2	Генераторы сигналов произвольной формы АКИП-3409	электронный	-	-

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

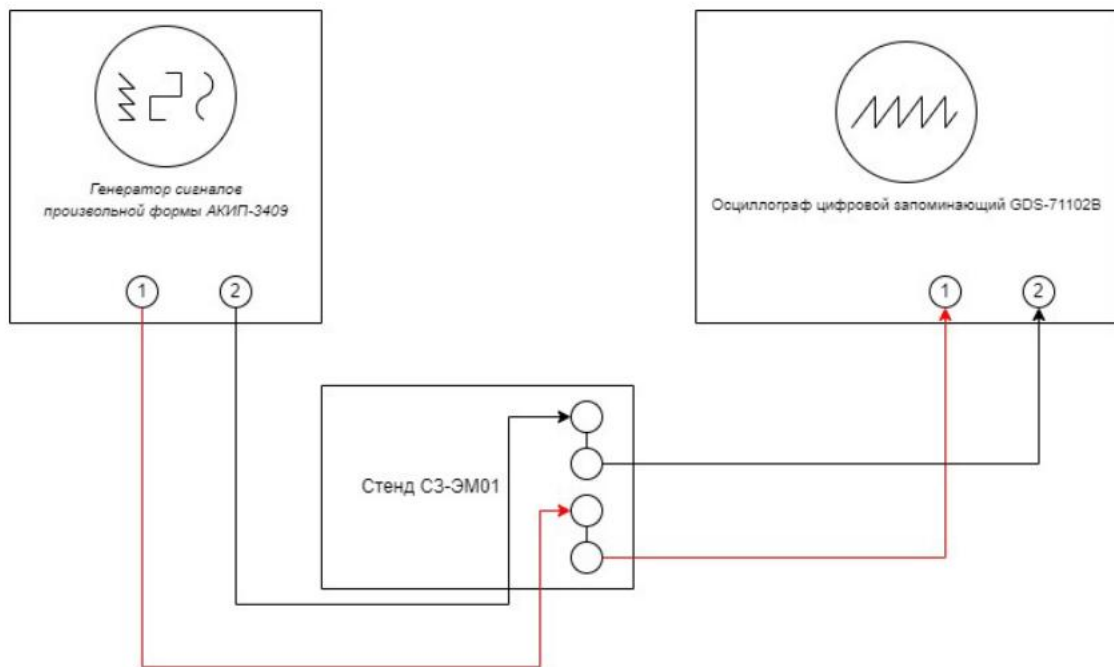


Рисунок 1. Блок схема установки

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Задание 1. Исследование сигналов различной формы.

Таблица 1. Сигнал синусоидальной формы

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, кГц	1.000	1.000	1.000
Амплитуда сигнала, В	0.998	0.995	1.000

Период, мс	1.000	0.997	1.000
------------	-------	-------	-------

Таблица 2. Сигнал формы «меандр»

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, кГц	1.000	1.002	1.000
Амплитуда сигнала, В	1.010	0.998	1.000
Период, мс	1.000	1.000	1.000

Таблица 3. Сигнал формы «пилообразная»

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, кГц	1.020	1.000	1.000
Амплитуда сигнала, В	0.980	1.010	1.000
Период, мс	1.000	1.000	1.000

Задание 2. Исследование предельных характеристик прибора.

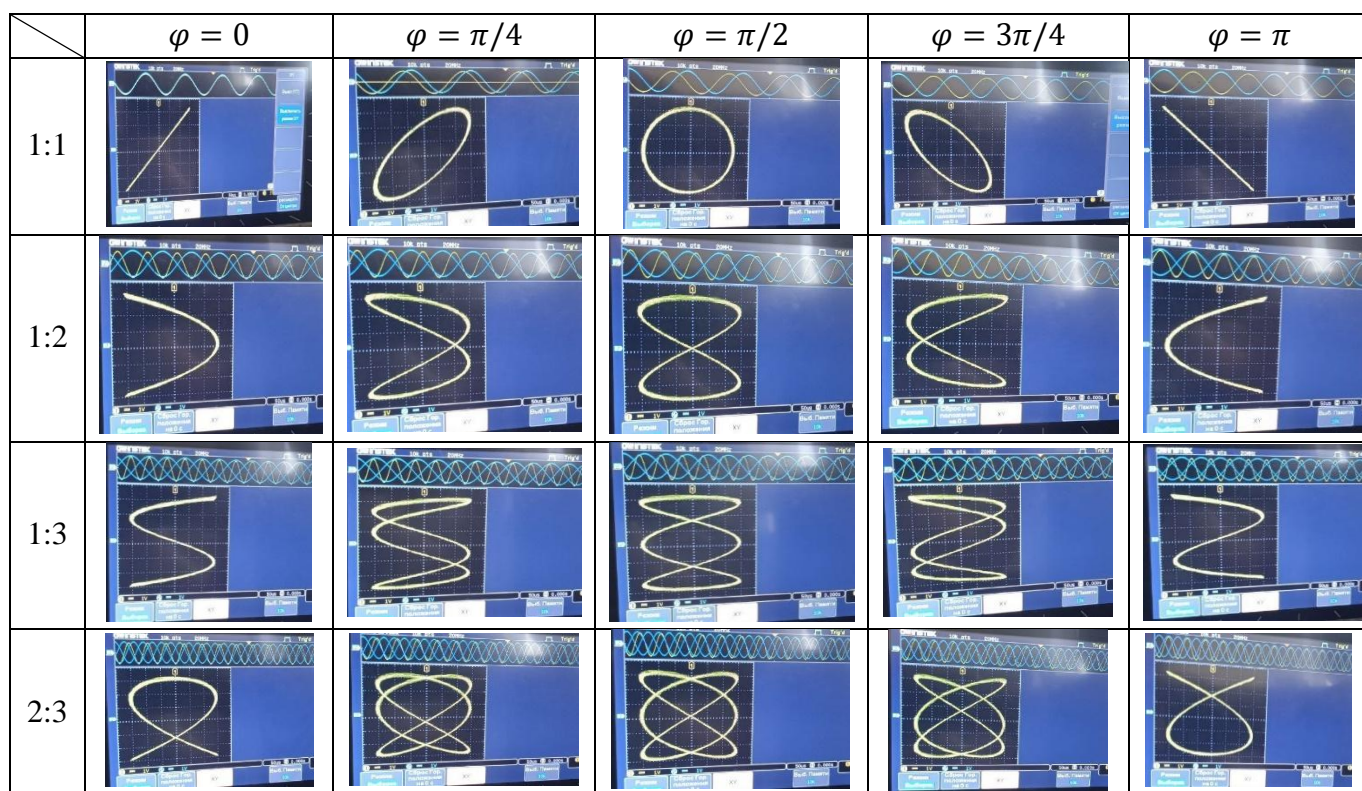
Сигнал «Меандр» отличается от теоретического при максимально возможной частоте прибора. Тем не менее, при любой частоте, сигнал не совпадает с теоретическим, так как имеет «прыжки» в сигнале.

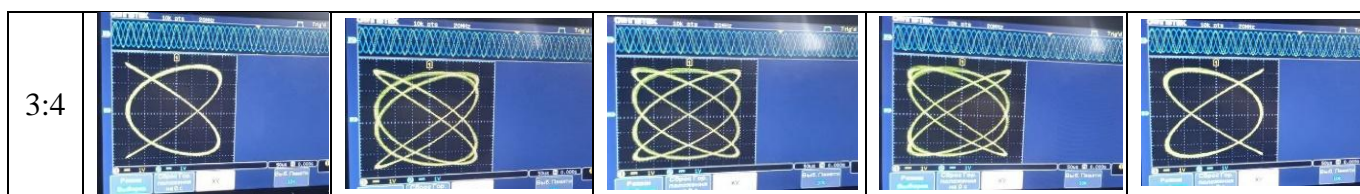
Сигнал был проверен в диапазоне 1 Гц – 10МГц.

Задание 3

Фигуры Лиссажу, полученные при подаче разных соотношений частот и различных сдвигов фаз:

- φ – сдвиг фазы
- $n : m$ – соотношение частот





Задание 4. Изучение сложения однонаправленных колебаний, мало отличающихся по частоте.

При подаче на канал 1 и канал 2 осциллографа сигналов с одинаковой амплитудой 1 В, фазой 0° и частотами, отличающимися на 7% (1.00 кГц и 1.07 кГц) получаем картину биений.

Амплитуда сигнала в максимуме равна 1.96 В, период биений – 14.8 мс.

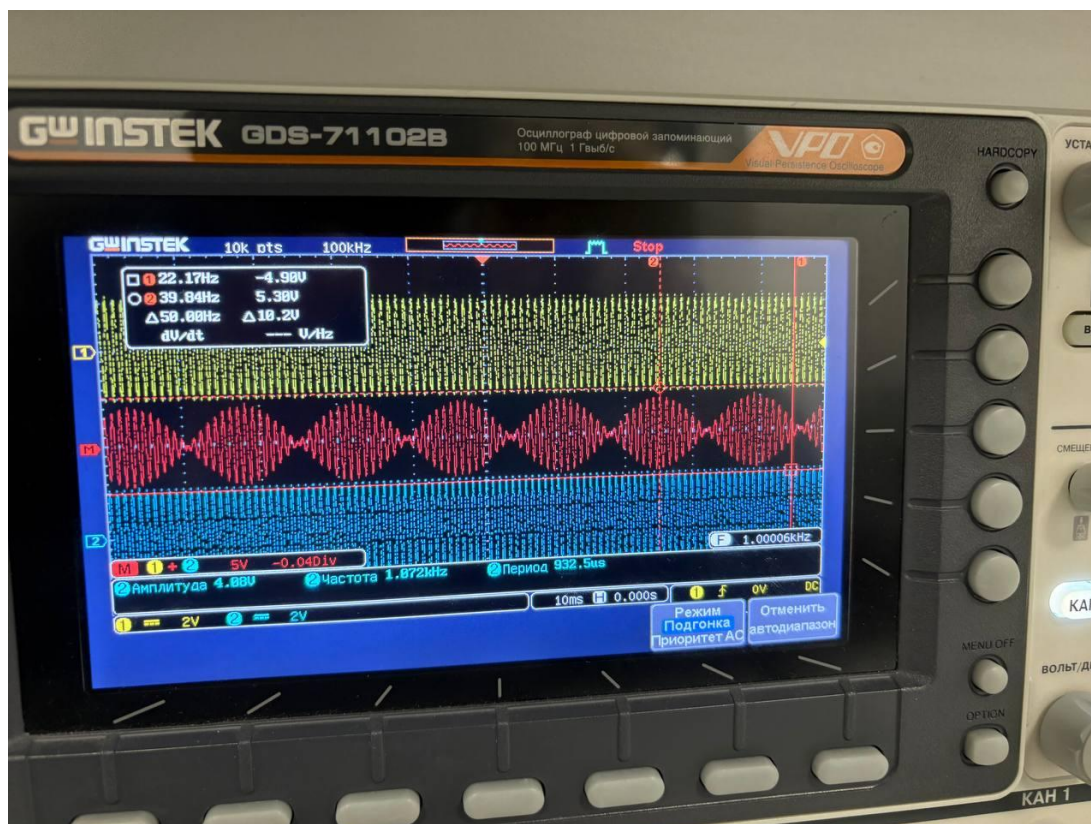


Рисунок 2. Осциллограф в режиме сложения колебаний

Задание 5. Изучение сложения однонаправленных колебаний одинаковой частоты.

При подаче на каналы осциллографа сигналов одинаковой частоты 1 кГц, различными амплитудами и фазами и включения режима сложения сигналов получаем:

Сигнал	Измерение 1			Измерение 2			Измерение 3		
Канал 1	1 кГц	4.8 В	45°	1 кГц	4.7 В	30°	1 кГц	4.9 В	37°
Канал 2	1 кГц	4.0 В	0°	1 кГц	4.0 В	0°	1 кГц	4.0 В	0°
Сложение	8.6 В			8.2 В			8.6 В		

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

Задание 3

Для соотношения частот 1:1 и сдвига фазы 45° вычислим сдвиг фаз между сигналами:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{U_{Y1}}{U_{Y_{max}}}\right) = \arcsin\left(\frac{U_{Y1}}{U_2}\right) = \arcsin\left(\frac{5}{7}\right) = 0.795 \text{ рад} \approx 45.58^\circ$$

Сравним полученный результат с разностью фаз, установленной на генераторе:

$$\Delta_\alpha = 45.58^\circ - 45^\circ = 0.58^\circ$$

Задание 4

Выведем теоретическую амплитуду биений:

$$A = \left| 2U_0 \cos \left[\frac{\Delta\omega}{2} t \right] \right|$$

При проведении эксперимента было выбрано $U_0 = 1\text{В}$

Вычислим $\Delta\omega$:

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = 2\pi \cdot (\nu_2 - \nu_1) = 2\pi \cdot (1070 - 1000) = 140\pi$$

Таким образом зависимость амплитуды биений от времени имеет вид:

$$A = |2 \cos(70\pi t)|$$

Значит максимальная теоретическая амплитуда биений будет:

$$A_{\max} = 2\text{В}$$

Вычислим период биений:

$$T = \frac{1}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{1}{1070 - 1000} = 14.29 \text{ мс}$$

Совпадение не может быть идеальным так как каждый прибор имеет определенную погрешность, даже при идеальных условиях измерения будут немного отличаться от истинного значения.

Задание №5

Рассчитаем теоретические значения амплитуд напряжения для каждого измерения

Для измерения 1:

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \sqrt{4.8^2 + 4^2 + 2 \cdot 4.8 \cdot 4 \cdot \cos(0 - 45)} \approx 8.14 \text{ В}$$

Для измерения 2:

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \sqrt{4.7^2 + 4^2 + 2 \cdot 4.7 \cdot 4 \cdot \cos(0 - 30)} \approx 8.41 \text{ В}$$

Для измерения 3:

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} = \sqrt{4.9^2 + 4^2 + 2 \cdot 4.9 \cdot 4 \cdot \cos(0 - 37)} \approx 8.45 \text{ В}$$

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

Задание 1

Рассчитаем относительное отклонение параметров сигнала для каждой формы сигнала.

Для синусоидальной формы получим:

$$\begin{aligned} \delta_{\nu_{\text{авт}}} &= \frac{\nu_{\text{ген}} - \nu_{\text{авт}}}{\nu_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \\ \delta_{\nu_{\text{ручн}}} &= \frac{\nu_{\text{авт}} - \nu_{\text{ручн}}}{\nu_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \\ \delta_{A_{\text{авт}}} &= \frac{A_{\text{ген}} - A_{\text{авт}}}{A_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1.00 - 0.998}{0.998} \cdot 100\% = 0.2\% \\ \delta_{A_{\text{ручн}}} &= \frac{A_{\text{авт}} - A_{\text{ручн}}}{A_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{0.998 - 0.995}{0.995} \cdot 100\% = 0.3\% \\ \delta_{T_{\text{авт}}} &= \frac{T_{\text{ген}} - T_{\text{авт}}}{T_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \end{aligned}$$

$$\delta_{T_{\text{ручн}}} = \frac{T_{\text{авт}} - T_{\text{ручн}}}{T_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1.000 - 0.997}{0.997} \cdot 100\% = 0.3\%$$

Для формы сигнала «меандр» получим:

$$\begin{aligned}\delta_{v_{\text{авт}}} &= \frac{v_{\text{ген}} - v_{\text{авт}}}{v_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \\ \delta_{v_{\text{ручн}}} &= \frac{v_{\text{авт}} - v_{\text{ручн}}}{v_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1.000 - 1.002}{1.002} \cdot 100\% = 0.2\% \\ \delta_{A_{\text{авт}}} &= \frac{A_{\text{ген}} - A_{\text{авт}}}{A_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1.01}{1.01} \cdot 100\% = 0.99\% \\ \delta_{A_{\text{ручн}}} &= \frac{A_{\text{авт}} - A_{\text{ручн}}}{A_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1.010 - 0.998}{0.998} \cdot 100\% = 1.2\% \\ \delta_{T_{\text{авт}}} &= \frac{T_{\text{ген}} - T_{\text{авт}}}{T_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \\ \delta_{T_{\text{ручн}}} &= \frac{T_{\text{авт}} - T_{\text{ручн}}}{T_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\%\end{aligned}$$

Для пилообразной формы сигнала получим:

$$\begin{aligned}\delta_{v_{\text{авт}}} &= \frac{v_{\text{ген}} - v_{\text{авт}}}{v_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1.00 - 1.02}{1.02} \cdot 100\% = 1.96\% \\ \delta_{v_{\text{ручн}}} &= \frac{v_{\text{авт}} - v_{\text{ручн}}}{v_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1.02 - 1.00}{1.000} \cdot 100\% = 1.96\% \\ \delta_{A_{\text{авт}}} &= \frac{A_{\text{ген}} - A_{\text{авт}}}{A_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1.00 - 0.98}{0.98} \cdot 100\% = 2.04\% \\ \delta_{A_{\text{ручн}}} &= \frac{A_{\text{авт}} - A_{\text{ручн}}}{A_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{0.98 - 1.01}{1.01} \cdot 100\% = 2.97\% \\ \delta_{T_{\text{авт}}} &= \frac{T_{\text{ген}} - T_{\text{авт}}}{T_{\text{авт}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \\ \delta_{T_{\text{ручн}}} &= \frac{T_{\text{авт}} - T_{\text{ручн}}}{T_{\text{ручн}}} \cdot 100\% = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\%\end{aligned}$$

Задание 4

Относительная погрешность измерений составляет:

$$\begin{aligned}\partial_{A_{\text{max}}} &= \frac{2 - 1.96}{1.96} \cdot 100\% \approx 2\% \\ \partial_T &= \frac{14.8 - 14.29}{14.29} \cdot 100\% \approx 3.7\%\end{aligned}$$

Задание №5

Рассчитаем относительное отклонение значений амплитуд напряжения для каждого измерения
Для измерения 1:

$$\partial_U = \frac{8.6 - 8.14}{8.14} \cdot 100\% \approx 5.65\%$$

Для измерения 2:

$$\partial_U = \frac{8.2 - 8.41}{8.41} \cdot 100\% \approx 2.26\%$$

Для измерения 3:

$$\partial_U = \frac{8.6 - 8.45}{8.45} * 100\% \approx 1.78\%$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

12. Окончательные результаты.

- Сдвиг фаз между сигналами для соотношения частот 1:1 и сдвига фазы 45°:

$$\alpha = 45.58^\circ$$

- Максимальная теоретическая амплитуда биений:

$$A_{max} = 2V$$

- Теоретический период биений:

$$T = 14.29 \text{ мс}$$

- Рассчитаем теоретические значения амплитуд напряжения для каждого измерения

- Для измерения 1:

$$U = 8.14 \text{ В}$$

- Для измерения 2:

$$U = 8.41 \text{ В}$$

- Для измерения 3:

$$U = 8.45 \text{ В}$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены основные принципы работы осциллографа и его использование для анализа электрических сигналов различной формы.

Были проведены измерения частоты, амплитуды и периода сигналов синусоидальной, квадратной и пилообразной формы. Погрешности данных характеристик для случаев измерения автоматическими измерениями были почти во всех случаях нулевыми, в то же время ручные измерения всегда имели погрешности, но они не превышали 3%.

В результате изучения сложения взаимно перпендикулярных колебаний кратных частот мы получили фигуры Лиссажу. При установлении сдвига фаз в 45° на генераторе и при вычислении сдвига фаз по данной формуле, мы получили очень близкие результаты.

Результаты измерения сложения однонаправленных колебаний одинаковой частоты, были сравнены с теоретическими значениями, и были вычислены относительные погрешности. В данной задаче наибольшая погрешность составила 5.65%.

Такие результаты показывают большую точность осциллографа и надежность инструмента для изучения и анализа электрических сигналов.