

---

Группа \_\_\_\_\_ Р3224      К работе допущен \_\_\_\_\_  
Студент \_\_\_\_\_ Маликов Г. И.      Работа выполнена \_\_\_\_\_  
Преподаватель \_\_\_\_\_ Смирнов А. В.      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 генератора ГС АКИП-3409 и Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B.

#### **4. Метод экспериментального исследования.**

Измерение различных сигналов генератора с помощью запоминающего цифрового осциллографа.

## 5. Рабочие формулы и исходные данные.

Тригонометрическая формула для суммы сигналов с одинаковыми амплитудами  $U_0$  и разностью частот  $\Delta\omega$

$$U_y = U_{y_1} + U_{y_2} = 2U_0 \cos\left[\frac{\Delta\omega}{2}t\right] \cos(\omega t)$$

Амплитуда колебаний

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

Формула сложения однонаправленных колебаний с одинаковыми частотами

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

где  $U$  – сумма амплитуд,  $U_1$ ,  $U_2$ , – амплитуды первого и второго колебаний соответственно,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – фазы первого и второго колебаний соответственно.

Формула значения сдвига фазы на втором канале

$$\phi_2 = \phi \frac{A}{B} - \frac{\pi}{2} \frac{B}{A}$$

где  $\phi$  – сдвиг фаз между двумя сигналами,  $\phi_2$  – что сдвиг фазы на втором канале,  $A$ ,  $B$  – частоты на первом и втором каналах соответственно

## 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	*	-

\* характеристики в приложениях

## 7. Схема установки.



Рисунок 1 - Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B



Рисунок 2 - Генераторы сигналов произвольной формы АКПП-3409

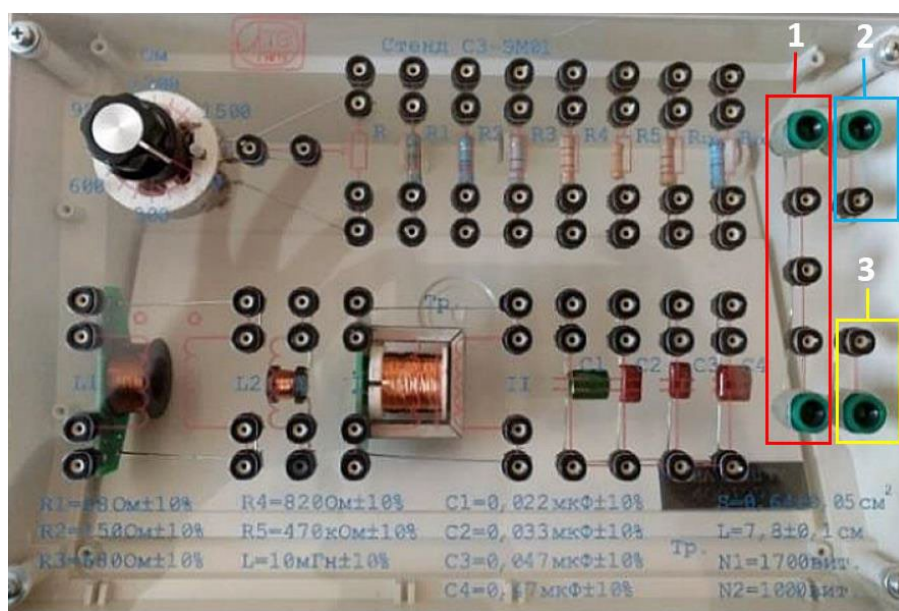


Рисунок 3 - Стенд СЗ-ЭМ01(1-шина на 5 гнезд, 2 и 3-шина на 2 гнезда)

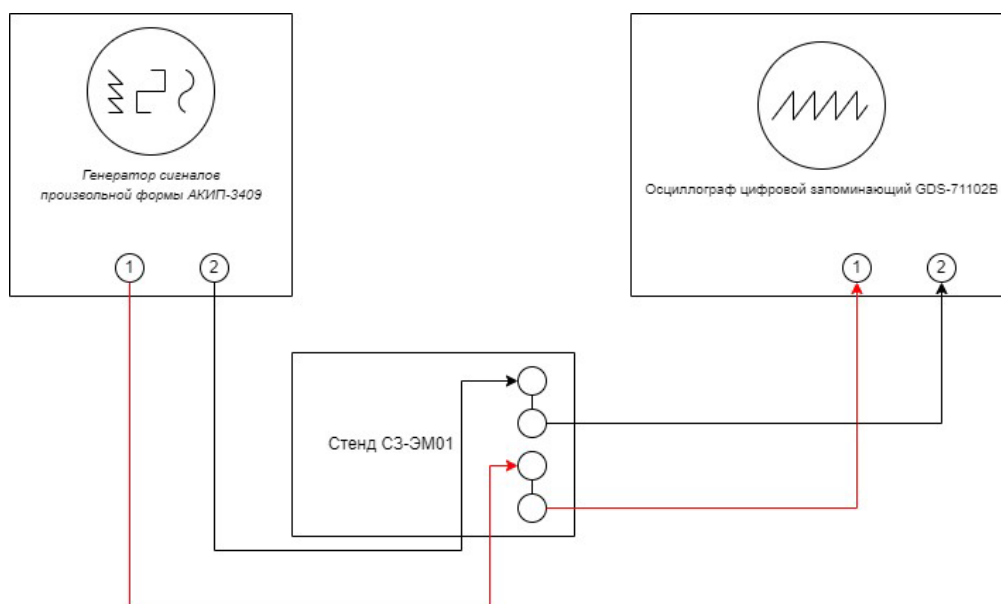


Схема 1 - Блок схема

## 8. Результаты прямых измерений и их обработки.

### Задание №1

Сигнал Синус

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, Гц/кГц/МГц	7 кГц	7.04 кГц	7 кГц
Амплитуда сигнала, В/мВ	984 мВ	980 мВ	1000 мВ
Период, $\mu$ s	142.8 $\mu$ s	142 $\mu$ s	142.8 $\mu$ s

Сигнал Квадрат

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, Гц/кГц/МГц	7 кГц	7.018 кГц	7 кГц
Амплитуда сигнала, В/мВ	1000 мВ	980 мВ	1000 мВ
Период, $\mu$ s	142.8 $\mu$ s	142 $\mu$ s	142.8 $\mu$ s

Сигнал Пила

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, Гц/кГц/МГц	7 кГц	7.018 кГц	7 кГц
Амплитуда сигнала, В/мВ	1000 мВ	980 мВ	1000 мВ
Период, $\mu$ s	142.9 $\mu$ s	142 $\mu$ s	142.8 $\mu$ s

### Задание №2

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

Соотношение частот 2:3:

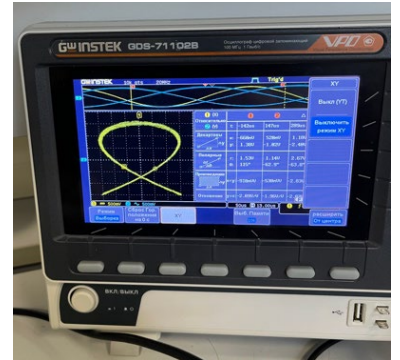
Канал 1:

- Частота: 3 кГц
- Амплитуда: 3 В
- Фаза: 0°

Канал 2:

- Частота: 2 кГц
- Амплитуда: 3 В

- Фаза:  $90^\circ$



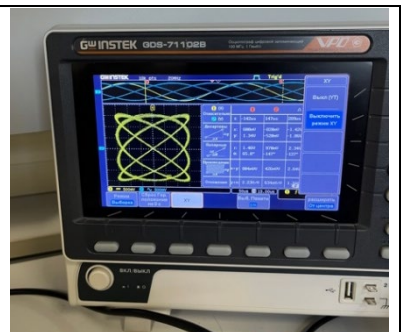
Соотношение частот 3:4:

Канал 1:

- Частота: 4 кГц
- Амплитуда: 3 В
- Фаза:  $0^\circ$

Канал 2:

- Частота: 3 кГц
- Амплитуда: 3 В
- Фаза:  $0^\circ$



## Задание №4

Сигналы канала 1 и канала 2 были поданы с одинаковой амплитудой 1 В, фазой  $0^\circ$  и частотой 1 кГц.

Амплитуда получившегося биения 1.88 В.

## Задание №5

Сигнал	Измерение 1			Измерение 2			Измерение 3		
Канал 1	1 кГц	1 В	$0^\circ$	1 кГц	1 В	$0^\circ$	1 кГц	1 В	$0^\circ$
Канал 2	1 кГц	1.2 В	$37^\circ$	1 кГц	1.3 В	$45^\circ$	1 кГц	1.3 В	$30^\circ$
Сложение	2.04 В			2.10 В			2.24 В		

## 9. Расчет погрешностей измерений и графики

### Задание №1

#### Сигнал Синус

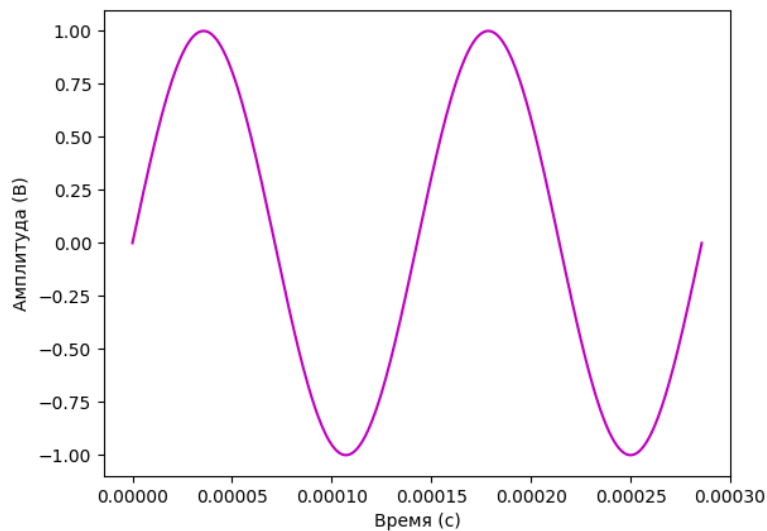


Рисунок 4 - График генератора сигналов «синус»

Погрешности между показаниями генератора и автоматическими измерениями

	Относительные отклонение
Частота	0%
Амплитуда	-1.6%
Период	0%

Погрешности между и автоматическими измерениями и ручными измерениями

	Относительные отклонение
Частота	0.57%
Амплитуда	0.4%
Период	0.56%

#### Сигнал Квадрат

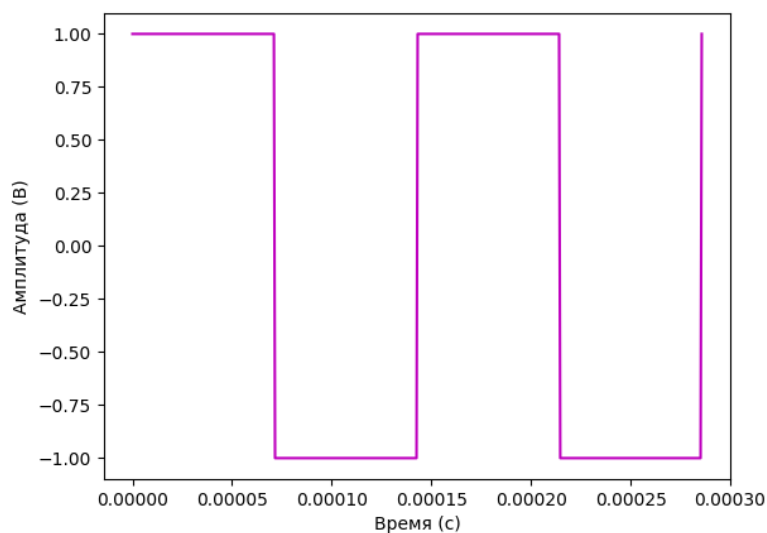


Рисунок 5 - График генератора сигналов «квадрат»



Погрешности между показаниями генератора и автоматическими измерениями

	Относительные отклонение
Частота	0%
Амплитуда	0%
Период	0%

Погрешности между и автоматическими измерениями и ручными измерениями

	Относительные отклонение
Частота	0.26%
Амплитуда	2%
Период	0.56%

## Сигнал Пила

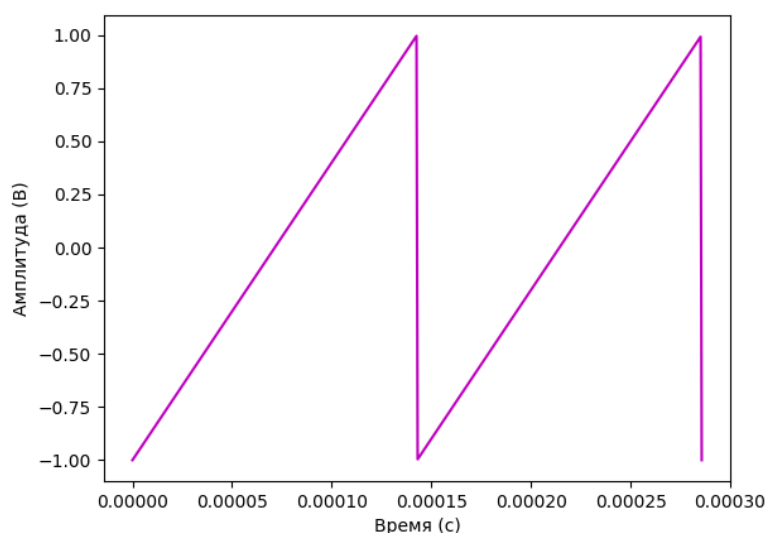


Рисунок 6 - График генератора сигналов «пила»

Погрешности между показаниями генератора и автоматическими измерениями

	Относительные отклонение
Частота	0%
Амплитуда	0%
Период	0.07%

Погрешности между и автоматическими измерениями и ручными измерениями

	Относительные отклонение
Частота	0.26%
Амплитуда	2%
Период	0.63%

## Задание №4

Согласно формуле:

$$U_y = U_{y_1} + U_{y_2} = 2U_0 \cos \left[ \frac{\Delta\omega}{2} t \right] \cos(\omega t)$$

Амплитуда суммы сигналов с одинаковой амплитудой  $U_0$  равна:

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

Так как у поданных сигналов частота одинакова,  $\Delta\omega$  равен 0 и амплитуда примет значение:

$$A = 2U_0$$

Таким образом, теоретическая амплитуда равна 2 В.

Относительная погрешность измерения составляет -6%.

Совпадение не может быть идеальным так как каждый прибор имеет определенную погрешность, даже при идеальных условиях измерения будут немного отличаться от истинного значения. С другой стороны, электромагнитные поля, электрические помехи и другие внешние факторы могут искажать сигналы.

### Задание №5

Формула сложения однонаправленных колебаний с одинаковыми частотами

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

Теоретическое значение измерения 1:

$$U = \sqrt{1^2 + 1.2^2 + 2 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot \cos(0^\circ - 37^\circ)} \approx 2.087 \text{ В}$$

Относительное отклонение:  $\frac{2.04 - 2.087}{2.087} \times 100\% = -2.25\%$

Теоретическое значение измерения 2:

$$U = \sqrt{1^2 + 1.3^2 + 2 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot \cos(0^\circ - 45^\circ)} \approx 2.128 \text{ В}$$

Относительное отклонение:  $\frac{2.10 - 2.128}{2.128} \times 100\% = -1.32\%$

Теоретическое значение измерения 3:

$$U = \sqrt{1^2 + 1.3^2 + 2 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot \cos(0^\circ - 30^\circ)} \approx 2.223 \text{ В}$$

Относительное отклонение:  $\frac{2.24 - 2.223}{2.223} \times 100\% = 0.76\%$

### 10. 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 2%.

Было проведено исследование сложения взаимно перпендикулярных колебаний кратных частот (фигуры Лиссажу), а также сложения однонаправленных колебаний, мало



отличающихся по частоте (биения). Отличие между ожидаемой и измеренной амплитудой составило 6%, что существенно больше, чем погрешности при измерении частных характеристик сигналов. Тем не менее это может быть оправдано тем, что сумма сигналов может привести к сложению неточностей двух переданных сигналов.

Результаты измерения сложения однонаправленных колебаний одинаковой частоты, были сравнены с теоретическими значениями, и были вычислены относительные погрешности. В данной задаче наибольшая погрешность составила 2.25%. Такие результаты показывают большую точность осциллографа и показали надежность инструмента для изучения и анализа электрических сигналов.

## 12. Приложения

### Бумажный отчет

Кабик Никита, Маликов Диев ПИИКТ 2.3 29 февраля 2024

Задание 1

Канал 1		Автоматически Измерения	Измерения Курсора	ГС АКИП-3409
Частота кГц	Синус	7	7,04	7
	Квадрат	7	7,019	7
	Пила	7	7,018	7
Амплитуда мВ	Синус	984	980	1000
	Квадрат	1000	980	1000
	Пила	1000	980	1000
Период мс	Синус	142,8	142	142,8
	Квадрат	142,8	142	142,8
	Пила	142,9	142	142,8

Задание 2

Сигнал "Мандр" отличается от теоретического при максимально возможной частоте. При любой частоте "Мандр" не совпадает с теоретическим, т.к. имеет "прыжки" в сигнале.

Задание 3

2:3  $\varphi = 0; \pi/2$   
 3:4  $\varphi = \pi/2; \pi$

Задание 4

Характер. Бюеня: Канал 1 1V Канал 2 1V  
 Амплитуда 1.88V

Задание 5

Канал	1	2	3
1	1 kHz, 1V, 0°	1 kHz, 1V, 0°	1 kHz, 1V, 0°
2	1 kHz, 1.2V, 39°	1 kHz, 1.3V, 45°	1 kHz, 1.3V, 30°
Сложение:			
Амплитуда	2.04V	2.10V	2.24V

Расширенные характеристики осциллографа GDS-71102B

[https://prist.ru/upload/iblock/221/qx32o46o10np5uhr3yyg8zruxf5ujmv7/GDS\\_71khkhkhB\\_katalog.pdf](https://prist.ru/upload/iblock/221/qx32o46o10np5uhr3yyg8zruxf5ujmv7/GDS_71khkhkhB_katalog.pdf)

Расширенные характеристики генератора сигналов произвольной формы АКИП-3409

<https://prist.ru/upload/iblock/2a7/2a73d165bdf47164c39fd02e9a20f129.pdf>

## 13. Вопросы

<p>При масштабах по осям  <math>\Delta x = 0.2 \text{ мс/дел.}</math>  <math>\Delta y = 1 \text{ В/дел.}</math>  на экране осциллографа  наблюдается следующий  сигнал.  Найти частоту и амплитуду  сигнала.</p>	
<p>На ось ОХ подан  гармонический сигнал с  частотой 60кГц. Какова частота  сигнала поданного на ось ОУ?</p>	
<p>По виду фигуры Лиссажу и  направлению обхода  определите фазовый сдвиг  сигнала по оси ОУ  относительно сигнала по оси  ОХ.</p>	
<p>Для изображенной зависимости  напряжения от времени,  получите выражение  действующего значения через  амплитудное значение.</p>	

1.

Расстояние от гребня до впадины составляет 6 ед. деления, т. е. 6В. Это означает что амплитуда волны 3В.

Длина волны составляет около 2 ед. деления, т. е. 0.4 мс. Так по формуле  $f = \frac{1}{T}$ , частота сигнала составит  $\frac{1}{0,0004 \text{ с}} = 2500 \text{ Гц}$

2.

С помощью формулы:

$$\frac{v_x}{v_y} = \frac{n_y}{n_x}$$

Где  $v_x$  и  $v_y$  – частоты взаимно перпендикулярных сигналов,  $n_y$  и  $n_x$  – количество пересечений линии фигуры Лиссажу с осями координат, причём, если ось проходит через точку пересечения ветвей фигуры, то эту точку считают дважды. Находится:

$$v_y = \frac{v_x n_x}{n_y} = \frac{60 \text{ кГц} \cdot 2}{4} = 30 \text{ кГц}$$

3.

Сдвиг фаз составляет  $\frac{3\pi}{4}$

4.

Действующее значение (или среднеквадратичное значение) сигнала вычисляется следующим образом:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

Где  $I$  – действующее значение,  $i$  – амплитудное значение,  $T$  – период.

Для данного графика действующее значение равняется:

$$I = \sqrt{\frac{1}{2} \left( \int_0^{1,5} 0^2 dt + \int_{1,5}^2 i^2 dt \right)} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 0,5 i^2} = \frac{i}{2}$$

По графику можно определить что  $i$  равен 2.5, тогда действующее значение равняется 1.25

(Действующее (эффективное) значение переменного тока равно величине такого постоянного тока, который за время, равное одному периоду переменного тока, произведёт такую же работу (тепловой или электродинамический эффект), что и рассматриваемый переменный ток.)