

Лабораторная работа № 3.00

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЛАБОРАТОРНОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

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

Приборы:

1. Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B 1 шт.
2. Генераторы сигналов произвольной формы АКИП-3409 1 шт.
3. Стенд СЗ-ЭМ01 1 шт.

Соединительные провода:

1. BNC/Штекер 2 шт.
2. BNC/BNC1 шт.
3. Штекер/Штекер (перемычки) 4 шт.

Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B.

Осциллограф цифровой запоминающий ОЦЗ предназначен для проведения практикумов по курсам физики и электротехники. Прибор применяется в составе модульных лабораторных учебных комплексов МУК-ЭМ (по электричеству) и МУК-ЭТ (по электротехнике), а также самостоятельно. Осциллограф цифровой запоминающий предназначен для визуального наблюдения, исследования и измерения периодических и непериодических в полосе частот 0 до 100 МГц.

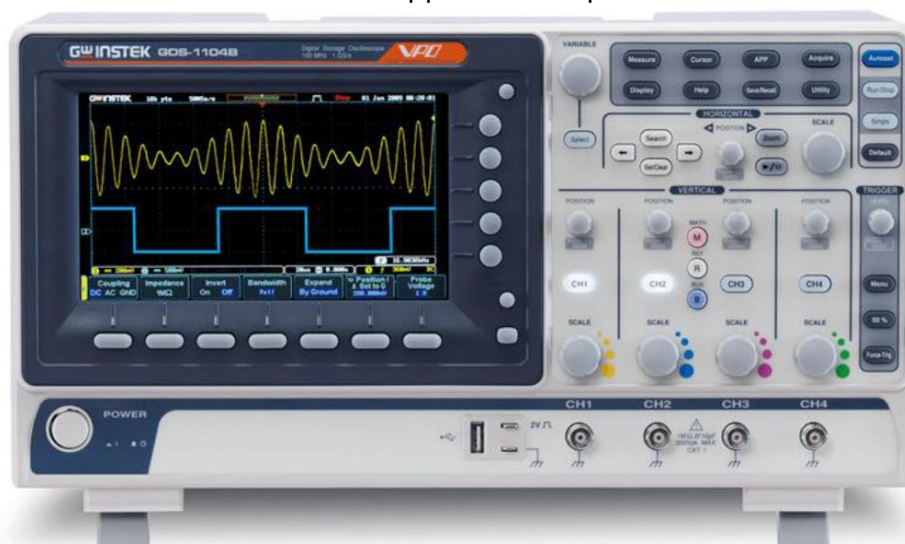


Рис.1. Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B

Краткое описание возможностей

- Сегментированная память: оптимизация сбора данных для получения
- Режим «Поисковая машина/ Search» для поиска событий по условиям заданным пользователем
- Режим «Поисковая машина/ Search» для поиска событий по условиям заданным пользователем
- Частотный анализ: БПФ, БПФ с.к.з. (на участке 1 кб)
- Цифровые фильтры (ФВЧ, ФНЧ, полосовой, режекторный, шума)
- Режимы растяжки окна, самописец и X-Y
- Синхронизация по длительности импульса и ТВ
- Память: 24 осциллограмм, 20 профилей настроек
- Применение технологии VPO при сборе и обработке данных для оптимизации отображения осциллограмм*
- Большой цветной высококонтрастный ЖК-дисплей TFT с разрешением 800 x 480 точек (диагональ 17 см)
- Всплывающее меню справочной поддержки (Help) □ Внутренняя память 32 Мб (flash).
- ПО для удаленного доступа FreeWave (в свободном доступе)
- Возможность предпросмотра осциллограмм в файловой системе
- Прямой вывод данных на печать (поддержка PictBrige)

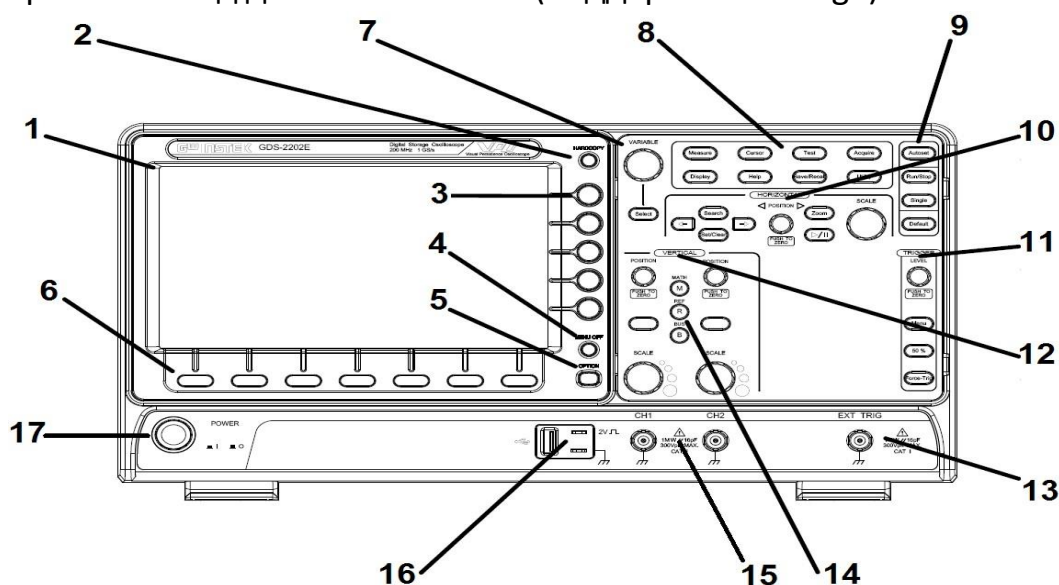


Рис.2 Схема рабочей панели осциллографа ОЦЗ GDS-71102B*

- 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.

* Более подробное описание кнопок передней панели осциллографа приведено в приложении 1.

Генераторы сигналов произвольной формы АКИП-3409

Генераторы сигналов серии **АКИП** предназначены для воспроизведения периодических сигналов наиболее распространенных форм в диапазоне частот от 1 мГц до 5 МГц/ 10 МГц / 30 МГц (соответственно). Обеспечивает формирование сигналов синусоидальной и специальной формы с возможностью генерации импульсного сигнала, а также сигналов произвольной формы.

Генератор является устройством прямого цифрового синтеза и позволяет воспроизводить любой сигнал, описанный и занесенный в память прибора. Генератор имеет возможность модуляции параметров выходного сигнала, обеспечивает качание (сweeping по частоте и амплитуде) по логарифмическому и линейному законам в разных направлениях, с настраиваемым временем. Прибор имеет дополнительный вход для подачи внешнего модулирующего сигнала, выход синхросигнала (TTL). Генераторы позволяют задавать напряжение смещения выходного сигнала.



Рис.3. Генераторы сигналов произвольной формы АКИП-3409

Схема панели управления ГС АКИП-3409



Рис. 4. Схема рабочей панели генератора ГС АКИП-3409**

** Более подробное описание кнопок передней панели генератора сигналов приведено в приложении 2.

Схема соединения осциллографа и генератора с использованием стенда СЗ-ЭМ01.

Внешний вид стенда представлен на рис.5

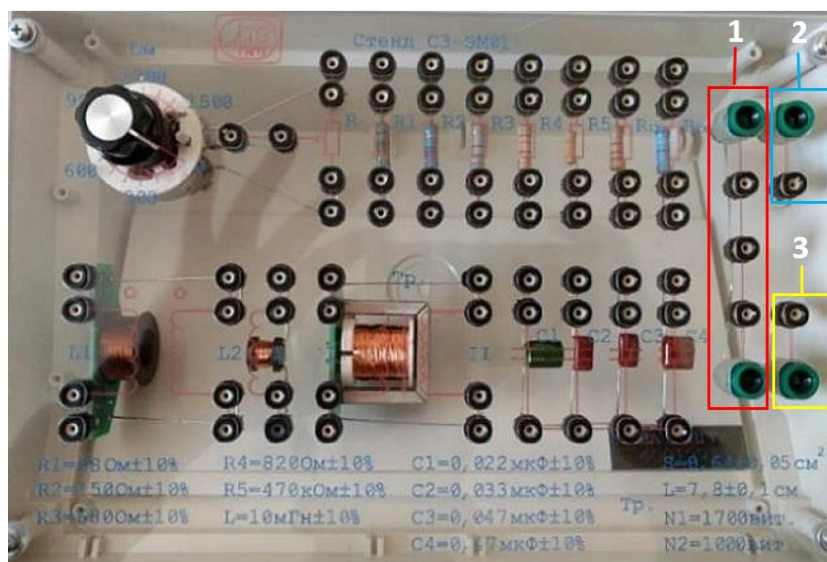


Рис. 5. Стенд СЗ-ЭМ01

1-шина на 5 гнезд, 2 и 3-шина на 2 гнезда

Перед подключение приборов убедиться, что все приборы выключены.

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

1. Подключить один провод BNC/Штекер разъемом BNC к одному из выходных каналов (CH1/CH2) ГС АКИП-3409. Ответную часть этого провода соединить так: черный провод подключить к шине 1, красный к шине 3.

2. 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).

При подключении разъемов BNC необходимо учитывать особенности их соединения.

3. Используя одну из перемычек соединить шины 2 и 3.

Исследование сложения однонаправленных колебаний близкой частоты. Биения.

Подадим на вертикальные пластины сигналы, одинаковые по амплитуде и слабо отличающиеся по частоте и сложим их. Обозначим амплитуду колебаний через U_0 , частоту одного из колебаний - ω , частоту второго колебания через $\omega + \Delta\omega$. По условию $\Delta\omega \ll \omega$. Чтобы не усложнять без надобности формул, допустим, что начальные фазы обоих колебаний равны нулю. Тогда уравнения колебаний будут иметь следующий вид:

$$U_{y1} = U_0 \cos(\omega t) \quad (1)$$

$$U_{y2} = U_0 \cos[(\omega + \Delta\omega)t] \quad (2)$$

Покажем, что сумма таких сигналов будет представлять из себя гармоническое колебание с пульсирующей амплитудой. Такое колебание называется биениями. Применим тригонометрическую формулу для суммы косинусов:

$$U_y = U_{y1} + U_{y2} = 2U_0 \cos\left[\frac{\Delta\omega}{2}t\right] \cos(\omega t) \quad (3)$$

Во втором множителе пренебрегаем членом $\Delta\omega / 2$ по сравнению с ω . График функции (3) изображен на рис. 6 а. График построен для $\omega / \Delta\omega = 10$. Заключенный в квадратные скобки множитель в формуле (3) изменяется гораздо медленнее, чем второй множитель. Ввиду условия $\Delta\omega \ll \omega$ за то время, за которое множитель $\cos(\omega t)$ совершает несколько полных колебаний, множитель, стоящий в квадратных скобках, почти не изменяется.

Это дает нам основание рассматривать колебание (3) как гармоническое колебание частоты ω , амплитуда которого изменяется по некоторому периодическому закону. Выражением этого закона не может быть множитель, стоящий в квадратных скобках, так как он изменяется в пределах от $-2U_0$ до $+2U_0$, в то время как амплитуда по определению – положительная величина. График амплитуды показан на рис. 3 б. Амплитуда колебаний определяется выражением:

$$A = \left| 2U_0 \cos \left[\frac{\Delta\omega}{2} t \right] \right|. \quad (4)$$

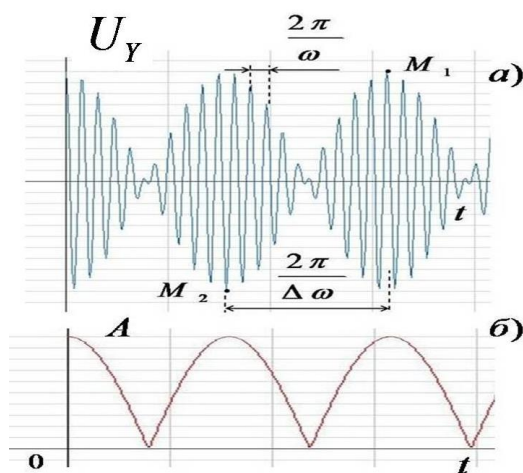


Рис 6. Биения.

- а) Результат сложения колебаний;
б) Зависимость амплитуды результирующего колебания от времени

Функция (4) – периодическая функция с частотой, в два раза превышающей частоту выражения, стоящего под знаком модуля (на рис. 7 сопоставлены графики косинуса и его модуля), т.е. с частотой $\Delta\omega$. Таким образом, частота пульсаций амплитуды – ее называют частотой биений – равна разности частот складываемых колебаний.

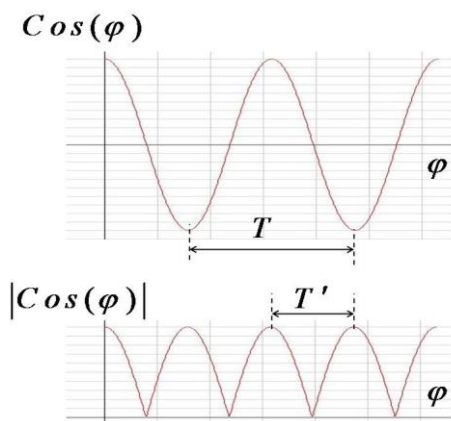


Рис 7. Период колебаний амплитуды при биениях T' .

$$T' = \frac{1}{\nu'} = \frac{1}{\nu_1 - \nu_2}, \quad (5)$$

где ν' – частота биений;

ν_1, ν_2 – частоты складываемых колебаний.

Отметим, что множитель $2U_0 \cos(\Delta\omega / 2t)$ не только определяет амплитуду, но и влияет на фазу колебания. Для выбранной нами разницы частот это проявляется, например, в том, что отклонения, соответствующие соседним максимумам амплитуды, имеют противоположные знаки (см. точки M1 и M2 на рис. 6 а).

Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.

Рассмотрим теперь сложение сигналов, подаваемых на вертикальные и горизонтальные пластины осциллографа. Если частоты взаимно перпендикулярных колебаний кратны, то траектория результирующего движения имеет вид довольно сложных кривых, называемых фигурами Лиссажу (Жюль Антуан Лиссажу (1822-1880) – французский физик).

Начнём со случая, когда на вертикальные и горизонтальные пластины, подаются сигналы одинаковой частоты.

$$U_x = U_1 \cos(\omega t) \quad (6)$$

$$U_y = U_2 \cos(\omega t + \alpha) \quad (7)$$

где α – разность фаз колебаний.

Выражения (6) и (7) представляют собой заданное в параметрической форме уравнение траектории в обычном виде, нужно исключить параметр t . Из первого уравнения следует, что

$$\cos(\omega t) = \frac{U_x}{U_1}. \quad (8)$$

Следовательно,

$$\sin(\omega t) = \pm \sqrt{1 - \frac{U_x^2}{U_1^2}}. \quad (9)$$

Теперь развернем косинус в (7) по формуле для косинуса суммы, подставляя при этом вместо $\cos(\omega t)$ и $\sin(\omega t)$ их значения (8) и (9). В результате получим:

$$\frac{U_Y}{U_2} = \frac{U_X}{U_1} \cos \alpha \mp \sin \alpha \sqrt{1 - \frac{U_X^2}{U_1^2}}. \quad (10)$$

Последнее уравнение после несложных преобразований можно привести к виду:

$$\frac{U_X^2}{U_1^2} + \frac{U_Y^2}{U_2^2} - \frac{2U_X U_Y}{U_1 U_2} \cos \alpha = \sin^2 \alpha \quad (11)$$

Уравнение (11) представляет собой уравнение эллипса, оси которого повернуты относительно координатных осей x и y . Ориентация эллипса и значения его полуосей зависят довольно сложным образом от амплитуд U_1 и U_2 и разности фаз α .

Определим форму траектории для некоторых частных случаев.

Разность фаз равна нулю. В этом случае уравнение (16) принимает вид:

$$\left(\frac{U_X}{U_1} - \frac{U_Y}{U_2} \right)^2 = 0, \quad (12)$$

откуда получается уравнение прямой

$$U_Y = \frac{U_2}{U_1} U_X. \quad (13)$$

Результирующее движение является гармоническим колебанием вдоль этой прямой с частотой ω и амплитудой, равной $\sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ (рис. 8).

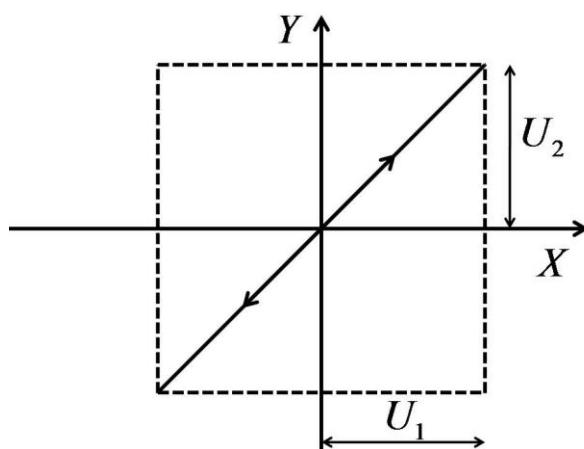


Рис.8. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний одинаковой частоты. Разность фаз равна нулю.

В случае, если разность фаз α равна $\pm\pi$. Уравнение (11) имеет вид:

$$\left(\frac{U_x}{U_1} + \frac{U_y}{U_2}\right)^2 = 0 \quad (14)$$

откуда получается, что результирующее движение представляет собой гармоническое колебание вдоль прямой:

$$U_y = -\frac{U_2}{U_1} U_x, \quad (15)$$

см. рис. 9.

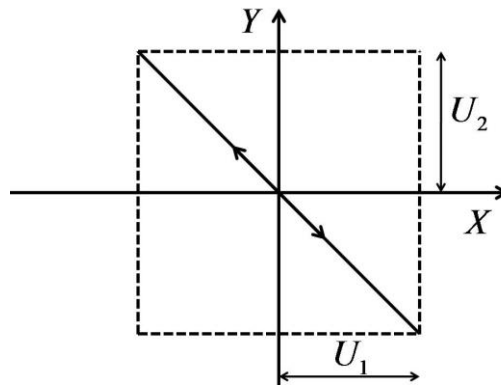


Рис. 9. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний одинаковой частоты. Разность фаз равна π .

При $\alpha = \pm\frac{\pi}{2}$ уравнение (11) переходит в

$$\frac{U_x^2}{U_1^2} + \frac{U_y^2}{U_2^2} = 1 \quad (16)$$

т.е. в уравнение эллипса, приведенного к координатным осям, причем полуоси эллипса равны соответствующим амплитудам колебаний. При равенстве амплитуд U_1 и U_2 эллипс вырождается в окружность.

Случаи $\alpha = +\frac{\pi}{2}$ и $\alpha = -\frac{\pi}{2}$ различаются направлением движения по

эллипсу или по окружности. Если $\alpha = +\frac{\pi}{2}$, уравнения (11) - (12) можно записать следующим образом:

$$U_x = U_1 \cos(\omega t) \quad (17)$$

$$U_y = -U_2 \sin(\omega t) \quad (18)$$

В момент $t = 0$ конец вектора амплитуды находится в точке 1 (рис. 12.). В последующие моменты времени координата x уменьшается, а координата y становится отрицательной. Следовательно, движение совершается по часовой стрелке.

При $\alpha = -\frac{\pi}{2}$ уравнения колебаний имеют вид:

$$U_x = U_1 \cos(\omega t) \quad (19)$$

$$U_y = U_2 \sin(\omega t) \quad (20)$$

Отсюда можно заключить, что движение происходит против часовой стрелки.

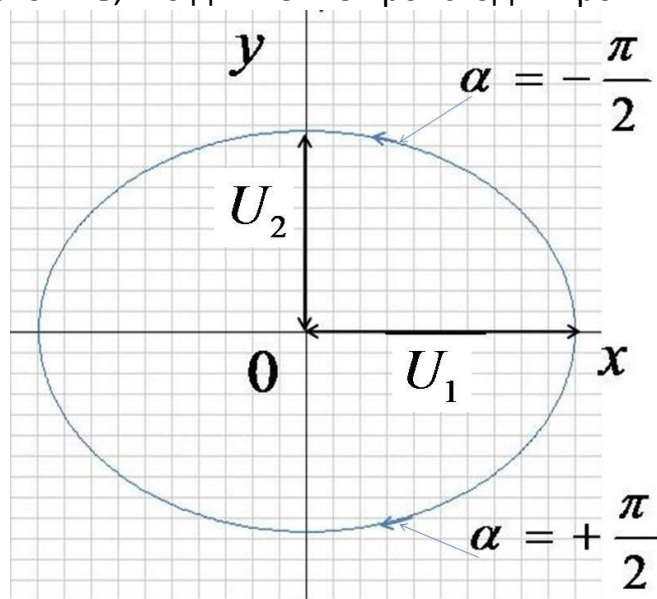


Рис.10. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Разность фаз равна $+\pi/2$ и $-\pi/2$

Рассмотрим, как по картине суммы колебаний одинаковой частоты определить разность фаз между ними.

Подадим на горизонтальные пластины осциллографа сигнал:

$$U_x = U_1 \cos(\omega t) ; , \quad (21)$$

а на вертикальные – сигнал, отстающий по фазе на α :

$$U_y = U_2 \cos(\omega t - \alpha) ; \quad (22)$$

Здесь A и B – амплитуды сигналов по осям X и Y , соответственно.

Исключив время из уравнений (23), (24) получим уравнение, связывающие между собой оба сигнала:

$$\left(\frac{U_x}{U_1}\right)^2 + \left(\frac{U_y}{U_2}\right)^2 - \frac{2U_x U_y}{U_1 U_2} \cos(\alpha) = \sin^2(\alpha) \quad (23)$$

Это уравнение эллипса. Из уравнения (23) следует, что в момент времени, когда $U_x = 0$ (луч пересекает ось Y) отклонение по оси Y $U_{Y1} = U_2 \sin(\alpha)$, или $U_{Y2} = -U_2 \sin(\alpha)$.

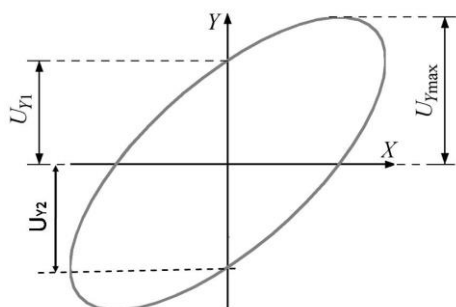
(24)

Поскольку по оси Y амплитуда колебаний $U_{Y \max} = U_2$, сдвиг фаз между двумя сигналами (1), (2) можно вычислить по формуле:

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

(25)

а.



б.

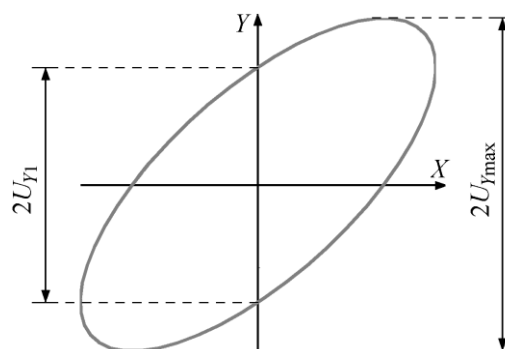


Рис 11. Определение сдвига фаз между двумя гармоническими сигналами с помощью векторного сложения сигналов (фигура Лиссажу).

- а) определение напряжений U_{Y1} и $U_{Y \max}$ для расчета по формуле (25);
- б) измерение «расстояния» $2U_{Y1}$ между двумя точками пересечения оси Y и «размаха» $2U_{Y \max}$ сигнала по оси Y.

Частоты взаимно перпендикулярных колебаний отличаются на малую величину.

В случае, когда частоты взаимно перпендикулярных колебаний различаются на очень малую величину $\Delta\omega$, их можно рассматривать как колебания одинаковой частоты, но с медленно изменяющейся разностью фаз. В самом деле, уравнения колебаний можно представить следующим образом:

$$U_x = U_1 \cdot \cos(\omega t)$$

(26)

$$U_y = U_2 \cdot \cos[\omega t + (\Delta\omega t + \alpha)]$$

(27)

и выражение $\Delta\omega t + \alpha$ рассматривать как разность фаз, медленно изменяющуюся со временем по линейному закону.

Результирующее движение в этом случае происходит по медленно видоизменяющейся кривой, которая будет последовательно принимать форму, отвечающую всем значениям разности фаз от $-\pi$ до $+\pi$.

Фигуры Лиссажу при кратных частотах.

При сложении взаимно перпендикулярных колебаний с разными частотами устойчивую картину колебаний можно наблюдать только при кратных частотах.

Для фигур Лиссажу, получающихся при сложении взаимно перпендикулярных колебаний отношение частот ν_x и ν_y соответствует формуле:

$$\frac{\nu_x}{\nu_y} = \frac{n_y}{n_x} \quad (28)$$

где n_x, n_y – количество пересечений линии, образующей фигуру Лиссажу, с осями координат ОХ и ОУ, причём, если ось проходит через точку пересечения ветвей фигуры, то эту точку считают дважды.

Можно определить n_x и n_y как наибольшее число пересечений ветвей фигуры вертикальными и горизонтальными прямыми, см рис. 9.

Рассмотрим несколько простейших картин фигур Лиссажу при кратных частотах.

На рис. 13 показана одна из простейших траекторий, получающаяся при отношении частот 1:2 и разности фаз $\pi / 2$. Уравнения колебаний имеют вид:

$$U_x = U_1 \cdot \cos(\omega t) \quad (29)$$

$$U_y = U_2 \cdot \cos\left(2\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (30)$$

За то время, пока вдоль оси x точка успевает переместиться из одного крайнего положения в другое, вдоль оси y, выйдя из нулевого положения, она успевает достигнуть одного крайнего положения, затем другого и вернуться в нулевое положение.

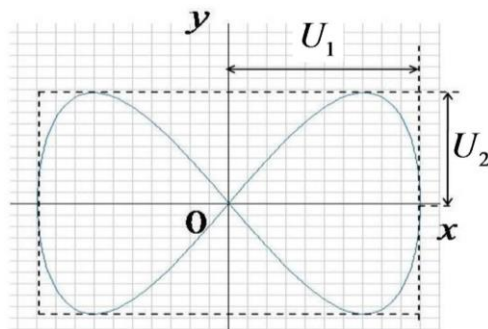


Рис.12. Сложение колебаний, частоты которых относятся как 1 к 2. Разность фаз колебаний равна $\pi/2$.

При отношении частот 1:2 и разности фаз, равной нулю, траектория вырождается в незамкнутую кривую (рис. 9), по которой точка движется туда и обратно. Чем ближе к единице рациональная дробь, выражающая отношение частот колебаний, тем сложнее оказывается фигура Лиссажу. На рис. 14. для примера показана кривая для отношения частот 3:4 и разности фаз $\pi/2$.

$$U_x = U_1 \cdot \cos(3\omega t) \quad (31)$$

$$U_y = U_2 \cdot \cos(4\omega t + \pi/2) \quad (32)$$

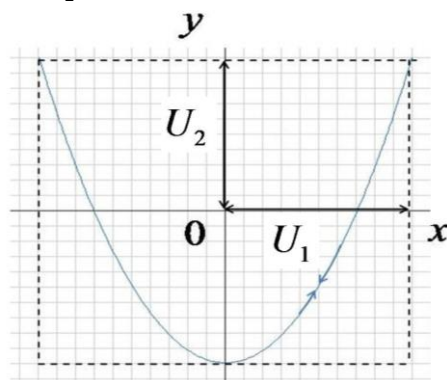


Рис.13. Сложение колебаний, частоты которых относятся как 1 к 2. Разность фаз колебаний равна нулю.

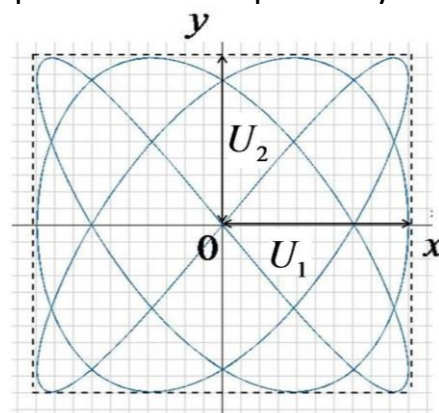


Рис.14. Сложение колебаний, частоты которых относятся как 3 к 4. Разность фаз колебаний равна $\pi/2$.

Сложение однонаправленных колебаний с одинаковыми частотами.

Амплитуда U результирующих колебаний равна:

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}, \quad (33)$$

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


Начальная фаза результирующих колебаний $\alpha_{рез}$ подчиняется соотношению:



$$\operatorname{tg} \alpha_{рез} = \frac{U_1 \sin \alpha_1 + U_2 \sin \alpha_2}{U_1 \cos \alpha_1 + U_2 \cos \alpha_2}. \quad (34)$$


Получите самостоятельно эти результаты, воспользовавшись методом векторных диаграмм, см. приложение 3.

Рекомендуемые задания к работе




Задание №1. Исследование сигналов различной формы

Последовательно включите ОЦЗ и ГС АКИП-3409. При включении генератора может потребоваться выбрать язык меню, используя соответствующие кнопки управления .

Для вывода на экран осциллографа подаваемого с генератора сигнала необходимо выбрать соответствующий канал, используя кнопку  и нажать кнопку  канала, соединенного с осциллографом.

На панели осциллографа в этом задании необходимо оставить включенным только один используемый канал. Не используемый канал отключается нажатием клавиши . Если отключены оба канала, включите необходимый канал.

В начале будет исследоваться сигнал синусоидальной формы.




Для выбора сигнала нажмите на кнопку , панели генератора. На экране генератора в правом верхнем углу загорится  и появится меню настройки параметров сигнала. Используя кнопки управления , задайте следующие параметры сигнала:

Частота – 1...10 кГц; Амплитуда – 1 В; Смещение – 0 мс; Фаза - 0°;

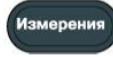
Занесите данные частоты и периода в таблицу 1.


Таблица 1

Канал 1	Автоматические измерения	Измерения с помощью курсора	ГС АКИП-3409
Частота сигнала, Гц/кГц/МГц			
Амплитуда сигнала, В/мВ			
Период, мс/с			


Для получения стабильного сигнала на экране осциллографа используйте горизонтальный регулятор Время/дел  и вертикальный регулятор Вольт/дел . Для автоматической настройки используйте кнопку .

Добейтесь, чтобы размах измеренного сигнала занимал 70...80% от шкалы, а количество периодов составляло 3...5.

Проведите измерения параметров сигнала используя кнопку .

В появившемся на экране меню измерений убедитесь, какие-либо результаты измерения отсутствуют. Если на экране отображаются результаты используя нижние кнопки меню выберите пункт «удалить результаты». В появившемся меню при помощи боковых кнопок меню выберите «удалить все». Затем, используя нижние кнопки меню, выберите «добавить измерения». В появившемся окне с помощью боковых кнопок меню и регулятора «установка» выберете необходимые параметры для измерения и нажмите кнопку . На экране появится сохраненное значение измеренного параметра (одновременно может отображаться до 8 параметров сигнала). Убедитесь, что в меню «источник 1» указан используемый в задании канал.

Проведите измерения значений амплитуды, частоты и периода сигнала. Полученные данные занесите в таблицу 1.

Проведите измерения этих же характеристик в ручном режиме. Для этого нажмите кнопку  два раза для доступа к полному меню курсоров. Внизу экрана появится соответствующее меню курсоров, сами курсоры будут отображаться также на экране. Активный курсор отображается сплошной линией, не активный пунктиром. Переключение с одного курсора на другой

осуществляется нажатием соответствующих нижних кнопок меню или кнопки



. Для перемещения курсоров вдоль соответствующих осей используйте регулятор установки . Полученные значения измеряемых параметров будут отображаться в левом верхнем углу экрана. Для переключения между единицами измерения используйте соответствующие нижние кнопки меню.

Выбирая соответствующие курсоры и проведите измерения требуемых характеристик, занесите их в таблицы 1.

По данным таблицы 1 рассчитайте относительное отклонение между показаниями генератора и автоматическими измерениями осциллографа, а также между автоматическими и ручными измерениями.

Определите погрешности всех измеряемых величин.

Повторите задание №1 для других форм сигнала (меандр или пилообразный).

Задание №2. Исследование предельных характеристик прибора.

Для изучения предельных характеристик генератора и осциллографа необходимы следующие шаги:

1. Установите на генераторе синусоидальную форму сигнала.
2. Выставьте максимально возможную частоту сигнала и амплитуде 1 В.

3. Используя кнопку добейтесь качественного сигнала.
4. Перейдите в режим сигнала «меандр». Сигнал на экране отличается от теоретического?
5. Понижайте частоту до соответствия сигнала теоретическому.

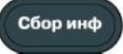



Повторите те же шаги для низких частот (от 3 до 1 Гц).

Задание №3. Изучение сложения взаимно перпендикулярных колебаний кратных частот. (Фигуры Лиссажу.)

Для выполнения этого задания подключите второй канал генератора к осциллографу. Для соединения используйте провод BNC/BNC и схему подключения из первого задания.

Задайте на обоих каналах следующие параметры сигналов:

Частота – 10 кГц; Амплитуда – 3 В; Смещение – 0 мс; Фаза - 0°;

Нажмите кнопку . В появившемся меню выберите ХУ используя нижние кнопки меню и нажмите выключить режим ХУ с помощью боковых кнопок меню. На экране появится два окна: верхнее окно, показывает сигналы во всем временном диапазоне, окно режима ХУ. В окне режима ХУ должна появиться линия. Используя кнопки смещения по вертикали соответствующих каналов    переместите линию в центр окна развертки. С помощью регуляторов Вольт/дел соответствующих каналов добейтесь, чтобы линия занимала 70...80% окна развертки.

Установите разность фаз сигналов 45-60 градусов. Запишите её значение и погрешность.

Выполнить необходимые измерения и по формуле (25) и рис.6 вычислить сдвиг фаз между сигналами. Сравнить полученный результат с разностью фаз установленной на генераторе.

По указанию преподавателя получить несколько фигур Лиссажу для характерных кратных частот. Получите 2-3 фигуры для одного и того же соотношения частот и различных сдвигов фаз. На рис. 17. Представлены фигуры Лиссажу для характерных сдвигов фаз и разностей частот.

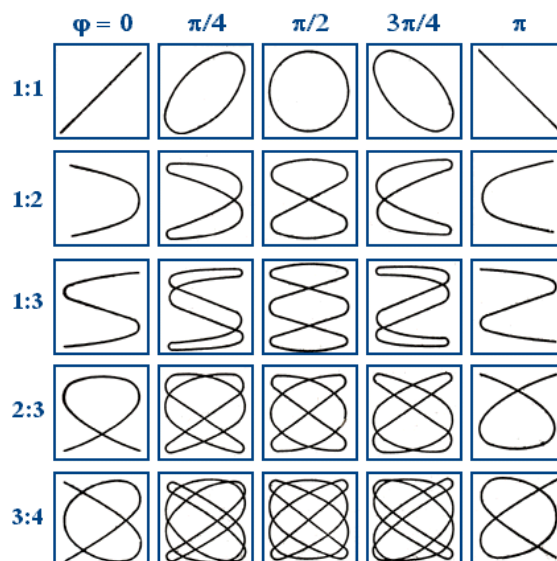



Рис. 17. Фигуры Лиссажу для характерных сдвигов фаз и разностей частот.

Сделать фотографии картин, полученных на экране осциллографа.

Для одного соотношения частот изучите, как меняется во времени картина при очень слабом изменении (на сотые доли процента) одной из частот. Соответствует ли характер изменения фигуры во времени теории (формулы (26) и (27))?

Задание №4. Изучение сложения однонаправленных колебаний мало отличающихся по частоте (биения).

Подать на каналы осциллографа сигналы одинаковой амплитуды и фазы, отличающиеся по частоте на 7-10 процентов. (1.00кГц и 1.07кГц, например). Получить на экране устойчивое изображение сигнала с каждого из каналов.








Перевести осциллограф в режим сложения колебаний, нажав кнопку . Получить на экране картину биений. Измерить амплитуду сигнала в максимуме и период биений.

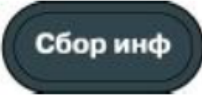
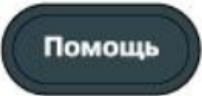
Оцените погрешность полученных результатов. Сравнить результаты с теорией. Подумайте, почему совпадение не будет идеальным.


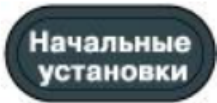

Задание №5. Изучение сложения однонаправленных колебаний одинаковой частоты.

Подать на каналы осциллографа сигналы одинаковой частоты с известными (на 10-30 процентов отличающимися амплитудами) и известными фазами (разность фаз 30-45 градусов). Включить осциллограф в режим сложения сигналов. Измерить амплитуду полученного сигнала. Повторить измерения для других значений амплитуд и сдвига фаз. Сравнить полученные результаты с результатами, вычисленными по формуле (33).

Приложение 1

1	Дисплей	TFT цветной ЖК-экран	
2	Сохранение	Hardcopy	позволяет быстро сохранить в память или вывести на печать (в зависимости от конфигурации)
			
Боковые и нижние кнопки используются для выбора пользователем на экране режимов и функций в предлагаемом меню интерфейса			
3	Боковые кнопки меню	для выбора переменного параметра из меню или опции, используйте 5 боковых клавиш, расположенных справа от дисплея	
4	Меню выкл.	Menu off	Используйте для того, чтобы показать/скрыть на экране системное меню.
			
5	Опции	Option	Используйте для доступа к установленным опциям
			
6	Нижние кнопки меню	Для выбора необходимых пунктов меню, используйте 7 клавиш, расположенных в нижней части панели дисплея.	
7	Установка	VARIABLE	Регулятор предназначен для регулировки значения (увелич./уменьш.) выбранного параметра или для выбора между двумя параметрами (перемещение курсора).
			
7	Выбор		предназначена для подтверждения выбора
8	Органы управления дополнительными возможностями (8 тёмно-серых кнопок, расположенных горизонтально справа от ЖК-дисплея) для выбора установок и действий в текущем (активном) меню		
	Измерение		Кнопка включения, конфигурации и управления режимами автоматических измерений
	Курсор		Кнопка включения, конфигурации и управления режимами курсорных измерений.

	Тест		Кнопка включения, конфигурации и управления опциональными приложениями.
	Сбор информации		Кнопка конфигурации и управления режимом сбора данных.
	Дисплей		Кнопка конфигурации и настройки дисплея.
	Помощь		Кнопка доступа к меню справочной помощи (Help).
	Запись/ Вызов		Используйте кнопку Зап/Выз для активации режима записи и вызова осциллограмм, экранов и профилей настроек.
	Утилиты		Кнопка управления утилитами прибора (вывод на печать внутренний таймер, выбор языка, меню калибровки).
9	Автоуст.		При нажатии АВТОУСТ осциллограф автоматически выберет значение настроек горизонтальной и вертикальной систем и системы запуска для получения для получения на экране осциллограммы входного сигнала. Вы можете корректировать настройки вручную для получения требуемого результата.
	Пуск/Стоп		Нажатие на кнопку приводит к запуску или остановке процесса сбора информации о входном сигнале. При активизации режима сбора информации на дисплее осциллографа присутствует надпись «Пуск». При остановке – надпись «Стоп». Если осциллограф остановлен, то следующий сбор информации о входном сигнале начнется только при следующем запуске линии развертки.

	Однокр.		Нажатие на кнопку активирует однократный запуск. В этом режиме после нажатия кнопки ПУСК/СТОП осциллограф будет ожидать выполнения условий запуска. При их выполнении осциллограф произведет однократную регистрацию и остановиться (захваченный исследуемый сигнал будет присутствовать на дисплее осциллографа) до последующего нажатия на кнопку «ПУСК/СТОП».
	Начальные установки		Нажатие кнопки устанавливает положение органов управления установки по умолчанию.
10	Горизонт. (горизонт. регуляторы)	Горизонтальные элементы управления позволяют изменять горизонтальные масштаб, положение осциллограмм и управлять системой поиска по событиям. Горизонтальный центр экрана – точка начала отсчета времени. Изменение горизонтального масштаба приводит к растягиванию или сжатию осциллограммы относительно центра экрана. Регулятор горизонтального положения изменяет отображаемое положение осциллограммы относительно момента запуска.	
	Смещение	<div>POSITION</div> 	Регулятор изменяет горизонтальное положение осциллограмм каналов (включая MATH). Чувствительность этого регулятора зависит от установленной длительности развертки.
	Растяж.		Кнопка РАСТЯЖ применяется в сочетании с регулятором СМЕЩЕНИЕ. Режим увеличения фрагмента позволяет растягивать на всю ширину экрана участок основного окна осциллограммы. Используйте функцию увеличения фрагмента для горизонтального растягивания участка осциллограммы с целью более детального анализа сигнала. Используйте увеличение фрагмента для растягивания участка осциллограммы. Следует учитывать, что установка горизонтального масштаба растянутого участка не

			может быть больше длительности развертки базовой осциллограммы.
	ВРЕМЯ/ДЕЛ	TIME/DIV	Позволяет выбрать значение горизонтальной развертки ВРЕМЯ/ДЕЛ для основной осциллограммы или ее растянутого фрагмента. Если включен режим увеличения фрагмента, ширина окна фрагмента изменяется при изменении коэффициента горизонтальной развертки.
			
	Поиск		Кнопка доступа к функциям поисковой машины.
			Кнопки для переключения между точками поиска.
			Кнопка установки или удаления метки быстрого доступа при использовании поисковой машины.
11	Запуск (регуляторы запуска)	Система запуска определяет момент начала регистрации данных и отображения формы сигнала осциллографом. До момента запуска осциллограф непрерывно регистрирует и сохраняет определенное количество данных достаточное для отображения формы сигнала слева от точки запуска. После выполнения условий запуска осциллограф продолжит регистрировать и сохранять данные в достаточном количестве для отображения формы сигнала справа от точки запуска. Область «ЗАПУСК» (зона элементов управления запуском) на передней панели, включает в себя один регулятор и три кнопки.	
	Уровень	LEVEL	Регулятор УРОВЕНЬ устанавливает уровень запуска.
			
	Меню		Кнопка вызова на экран меню управления системой.

	50%		Специальная кнопка единственной функции, при нажатии которой происходит установка уровня запуска в точку середины размаха (50%) сигнала запуска по вертикали.
	Форс. запуск		Специальная кнопка, при нажатии которой происходит принудительный запуск, т. е. осциллограф воспринимает это действие как выполнение условий запуска. Используется, главным образом, для настройки осциллографа в ждущем и однократном режимах запуска.
12	Смещение (по верт.)	POSITION	Регулятор изменяет положение осциллограмм каналов на экране по вертикали.
			
	Кан 1/Кан2		Кнопки управления каналами Нажатие на одну из этих кнопок выводит сигнал соответствующего канала на экран ЖКИ подменю управления настройки режимов (связь входа*, изменение Коткл) соответствующего канала.
*Примеч.: Тип связи канала по постоянному току (DC/открытый вход) позволяет быстро измерить компоненту постоянного тока сигнала через напряжение до маркера нулевого уровня (земли). Тип связи канала по переменному току (AC/закрытый вход), когда компонент постоянного тока сигнала блокирован, позволяет использовать большую чувствительность для исследования компоненты переменного тока.			
	ВОЛЬТ/ДЕЛ	VOLTS/DIV	Регулятор установки коэффициента отклонения каналов
			
13	ВНЕШН. СИНХР	EXT TRIG	Входное гнездо источника внешней синхронизации. Входной импеданс 1 МОм±3%, Вх. Напряжение ±15 В (пик), ёмк. ~16 пФ
			
14	М (матем.)		Кнопка для активации режима математических функций

	R (Ref)		Reference/Опорный. Кнопка активирует меню опорного сигнала для вывода на экран или удаления осциллограмм**.
**Примеч.: Опорные осциллограммы – это сохраненные в памяти осциллограммы, которые могут быть выведены на экран оператором. Функция использования опорного сигнала доступна после сохранения выбранной осциллограммы в энергонезависимой памяти.			
	B (BUS)		Кнопка для конфигурации и управления в опциональном режиме синхронизации и декодирования сигналов последовательных шин I ² C, SPI, UART.
15	Входные разъемы	CH1/CH2	Разъем BNC (Bayonet Neill-Concelman) входного канала 1/канала 2. Входной импеданс: 1 МОм.
			
16	Разъем USB HOST		Разъем USB для передачи данных во внешнюю память (Type A, совместимость USB 1.1/2.0).
	Заземление		Клемма заземления (общая точка земли с шасси прибора)
	Выход калибратора		Выход сигнала для компенсации пробника и согласования с используемым каналом (2 В пик./меандр/1 кГц)
17	ВКЛ/ВЫКЛ (питание)	POWER	Кнопка включения электропитания
			
			Вкл/Выкл

Приложение 2

	Кнопки выбора формы сигнала		“Sine” для выбора синусоидальной формы сигнала.
			“Square” для выбора прямоугольной формы сигнала (меандр)
			“Ramp” для выбора пилообразной/треугольной формы сигнала.
			“Pulse” для выбора импульсного сигнала.
			“Noise” для выбора формы сигнала шум.
			“Arb” для выбора сигнала произвольной формы
	Выбор канала		Служит для выбора настраиваемого канала. Нажатие кнопки позволяет выбрать канала для настройки: желтая окантовка экранного меню означает, что для настроек выбран канал 1; голубая окантовка – канал 2.
	Блок цифровой клавиатуры		Блок цифровой клавиатуры (с десятичным разделителем), используется для непосредственного ввода цифровых значений.
	Курсорные кнопки		Используются для переключения между пунктами меню (вверх/вниз) а также для перемещения курсора (влево/вправо).
	Ручка регулятора		Служит для оперативного изменения выбранного параметра, вращение ручки регулятора производит изменение значений подсвеченного курсора.
	Функциональные кнопки		Кнопка выбора режима модуляции.
			Кнопка выбора режима ГКЧ (генератор качающих частот).
			Кнопка выбора пакетного режима.
			Кнопка перехода в меню сохранения/вызова.
			Кнопка перехода в меню настройки генератора.

			Кнопка включения режима справки (только английский язык).
	Кнопки управления меню		5 кнопок служат для управления меню настроек (меню настроек расположен в правой части экрана). Назначение кнопок зависит от выбранного режима.
	Кнопки управления выходами		Служат для включения/отключения выхода Канала 1/Канала 2

Вид экрана ГС АКИП-3409

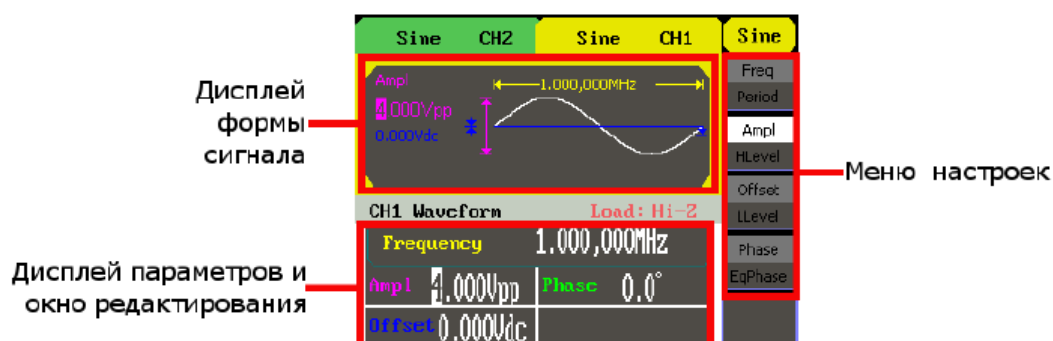



Рис. 5. Вид экрана ГС АКИП-3409

Дисплей формы сигнала отображение формы и параметров сигнала выбранного канала: амплитуда, частота, смещение.

Меню настроек меню настроек индивидуально для каждого из режимов. На рис.5 видно, что активирован пункт меню Amplitude/Амплитуда. Это означает, что доступен ввод значения амплитуды выходного сигнала с помощью цифровой клавиатуры или ручки регулятора. При вводе значения с помощью цифровой клавиатуры используйте курсорную кнопку “влево” для перемещения курсора назад и удаления предыдущего символа.

В режиме формирования сигнала доступны следующие настройки:

Sine		Синусоидальный сигнал
Freq/Period (Частота/Период)		Настройка частота или периода сигнала. Переключение между параметрами при повторном нажатии соответствующей кнопки управления меню.

Ampl/HLevel (Амплитуда/Верхний уровень)		Настройка амплитуды или верхнего уровня сигнала. Переключение между параметрами при повторном нажатии соответствующей кнопки управления меню.
Offset/LLevel (Смещение/Нижний уровень)		Настройка постоянного смещения или нижнего уровня сигнала. Переключение между параметрами при повторном нажатии соответствующей кнопки управления меню.
Phase/Фаза		Настройка фазы сигнала.
Square		Прямоугольный сигнал
Доступны те же настройки, что и для синусоидального сигнала, плюс:		
Duty/Скважность		Настройка скважности сигнала.
Ramp		Пилообразный сигнал
Доступны те же настройки, что и для синусоидального сигнала, плюс:		
Symmetry/Симметрия		Настройка коэффициента симметрии.
Pulse		Импульсный сигнал
Доступны те же настройки, что и для синусоидального сигнала, кроме фазы, плюс:		

PulWidth/Длительность импульса		Настройка длительности импульса.
Delay/Задержка		Настройка задержки импульса.
Noise		Гауссов белый шум
Variance (Дисперсия)		Настройка дисперсии сигнала.
Mean (Среднее)		Настройка смещения сигнала.
Arb		Сигнал произвольной формы (СПФ)
Доступны те же настройки, что и для синусоидального сигнала*		

*Более подробный функционал представлен в руководстве польз отеля.

Дисплей параметров и окно редактирования отображение и редактировании параметров сигнала: амплитуда, частота, смещение, фаза, задержка и т. д., в зависимости от формы исследуемого сигнала.

Приложение 3.

Векторная диаграмма.

Решение ряда вопросов, в частности сложение нескольких колебаний одинакового направления (или сложение нескольких гармонических функций), значительно облегчается и становится наглядным, если изображать колебания графически в виде векторов на плоскости. Полученная таким способом схема называется векторной диаграммой.

Возьмем ось, которую обозначим буквой X (рис.15). Из точки O , взятой на оси отложим вектор длины \vec{a} , образующий с осью угол α . Если привести этот вектор во вращение с угловой скоростью ω_0 , то проекция конца вектора будет перемещаться по оси x в пределах от $-a$ до $+a$, причем координата этой проекции будет изменяться со временем по закону:

$$x = a \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (1,35)$$

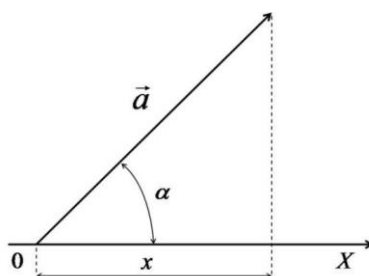


Рис.15. Векторная диаграмма.

Следовательно, проекция конца вектора на ось будет совершать гармоническое колебание с амплитудой, равной длине вектора a , с круговой частотой, равной, угловой скорости вращения вектора ω_0 , и с начальной фазой, равной углу α , образуемому вектором с осью в начальный момент времени.

Из сказанного следует, что гармоническое колебание может быть задано с помощью вектора, длина которого равна амплитуде колебания, а направление вектора образует с осью x угол, равный начальной фазе колебания.

Рассмотри сложение двух гармонических колебаний одинакового направления и одинаковой частоты. Смещение x колеблющегося тела будет суммой смещений x_1 и x_2 , которые запишутся следующим образом:

$$x_1 = a_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1) \quad (36)$$

$$x_2 = a_2 \cos(\omega_0 t + \alpha_2) \quad (37)$$

Представим оба колебания с помощью векторов \vec{a}_1 и \vec{a}_2 (рис. 16). Построим по правилам сложения векторов результирующий вектор \vec{a} . Проекция этого вектора на ось равна сумме проекций слагаемых векторов:

$$x = x_1 + x_2 \quad (38)$$

Следовательно, вектор \vec{a} представляет собой результирующее колебание. Этот вектор вращается с той же угловой скоростью ω_0 , как и векторы \vec{a}_1 и \vec{a}_2 , так что результирующее движение будет гармоническим колебанием с частотой ω_0 , амплитудой a и начальной фазой α .

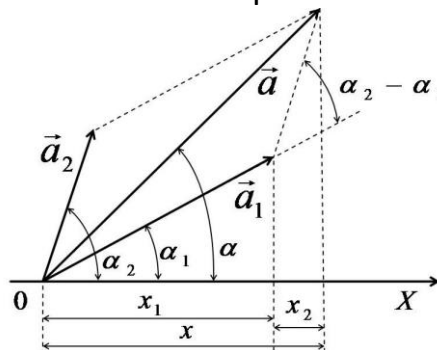


Рис.16. Векторная диаграмма для сложения колебаний.

Из построения видно, что

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cos[\pi - (\alpha_2 - \alpha_1)] = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1), \quad (39)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_1 \sin \alpha_1 + a_2 \sin \alpha_2}{a_1 \cos \alpha_1 + a_2 \cos \alpha_2}. \quad (40)$$

Итак, представление гармонических колебаний посредством векторов дает возможность свести сложение нескольких колебаний к операции сложения векторов. Этот прием бывает особенно полезен, например, в оптике, где световые колебания в некоторой точке определяются как результат наложения многих колебаний, приходящих в данную точку от различных участков волнового фронта.

Формулы (39) и (40) можно, конечно, получить, сложив выражения (36) и (37) и произведя соответствующие тригонометрические преобразования. Но примененный нами способ получения этих формул отличается большей простотой и наглядностью.

Проанализируем выражение (39) для амплитуды. Если разность фаз обоих колебаний $\alpha_2 - \alpha_1$ равна нулю, амплитуда результирующего колебания равна сумме a_1 и a_2 . Если разность фаз $\alpha_2 - \alpha_1$ равна $+\pi$ или $-\pi$, т.е. оба колебания находятся в противофазе, то амплитуда результирующего колебания равна $|a_2 - a_1|$.