



ООО «НПФ ADC*lab*»

www.ADClab.ru

**Программный комплекс просмотра и
обработки данных, записанных с помощью
измерительных приборов**

LookALF

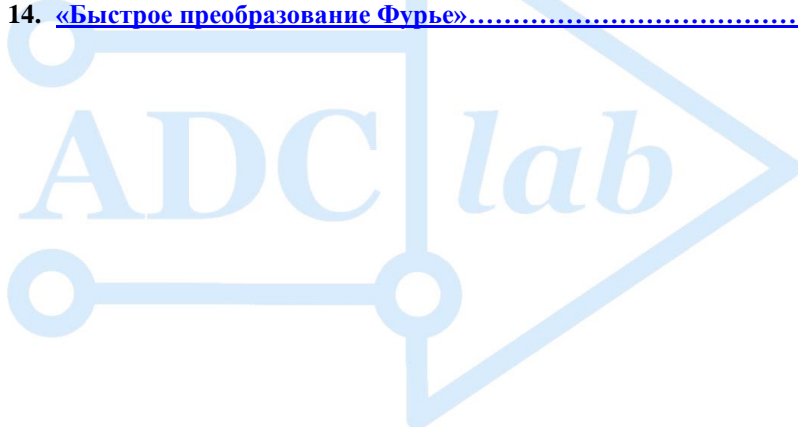
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И
ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

www.ADClab.ru

Москва
2022

Содержание

1.	<u>Введение и установка программы.....</u>	<u>3</u>
2.	<u>Внешний вид программного комплекса.....</u>	<u>7</u>
3.	<u>Формат файла .ALF.....</u>	<u>10</u>
4.	<u>Функционал ПО.....</u>	<u>11</u>
5.	<u>Математические функции и возможности преобразования.....</u>	<u>13</u>
6.	<u>Функция «Показать Мин-Макс».....</u>	<u>14</u>
7.	<u>Функция «Осреднение».....</u>	<u>16</u>
8.	<u>Функция «Скользящее среднее».....</u>	<u>18</u>
9.	<u>Функция «Линейное преобразование».....</u>	<u>18</u>
10.	<u>Функция «Действующее значение».....</u>	<u>20</u>
11.	<u>Функция «Сложение и вычитание».....</u>	<u>22</u>
12.	<u>«Табличная функция».....</u>	<u>24</u>
13.	<u>«Спектральный анализ фрагмента».....</u>	<u>26</u>
14.	<u>«Быстрое преобразование Фурье».....</u>	<u>37</u>



www.ADClab.ru

Введение и установка программы

Если Вы впервые работаете с нашим прибором, то Вам следует внимательно ознакомиться с данным описанием.

Самостоятельный программный продукт – Программный комплекс LookALF предназначен для просмотра, математической обработки, графического анализа и документирования результатов проведенных испытаний, записанных с помощью внешних устройств аналого-цифрового преобразования компании ООО «НПФ АДСилаб».

Список совместимых устройств: Вольтметр самопишущий S-Recorder-E, S-Recorder-L, S-Recorder-2-16, Flash-Recorder-2-16, Flash-Recorder серии MITX, Flash-Recorder-3 M1-6 модификаций.

Подготовка к работе с программой.
Программное обеспечение LookALF поставляется в комплекте с измерительным устройством нашей фирмы, так же при необходимости вы можете скачать актуальную версию ПО на официальном сайте www.ADClab.ru

www.ADClab.ru

Для начала работы с программным комплексом необходимо:

1. Зайти на официальный сайт www.ADclab.ru ;
Выбрать вкладку «Программное обеспечение – LookALF»

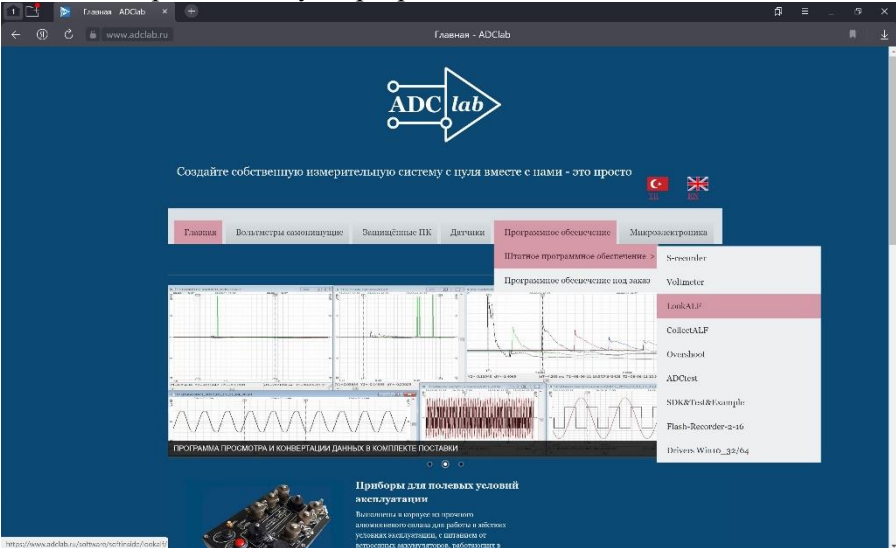


Рис. 1

2. Открыть ссылку для скачивания LALF или LookALFlastver
Распаковать скачанный файл

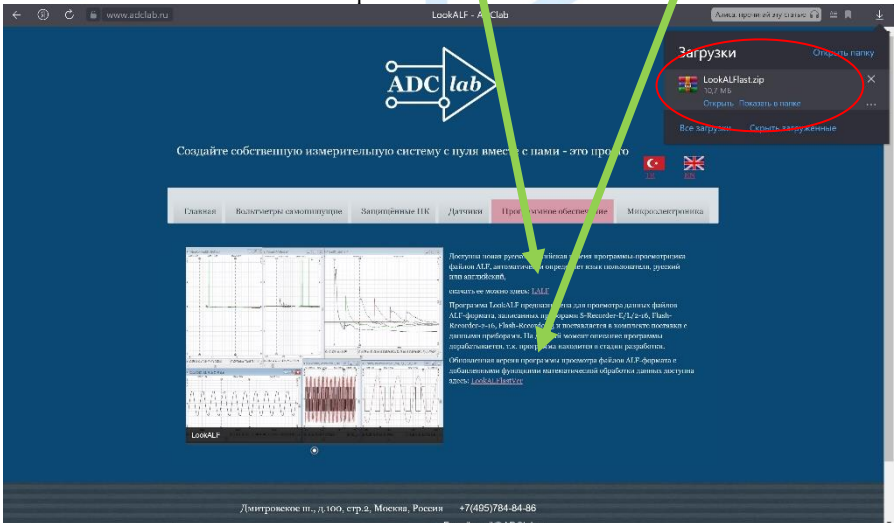


Рис. 2

3. Открыть приложение LookALF в распакованной папке

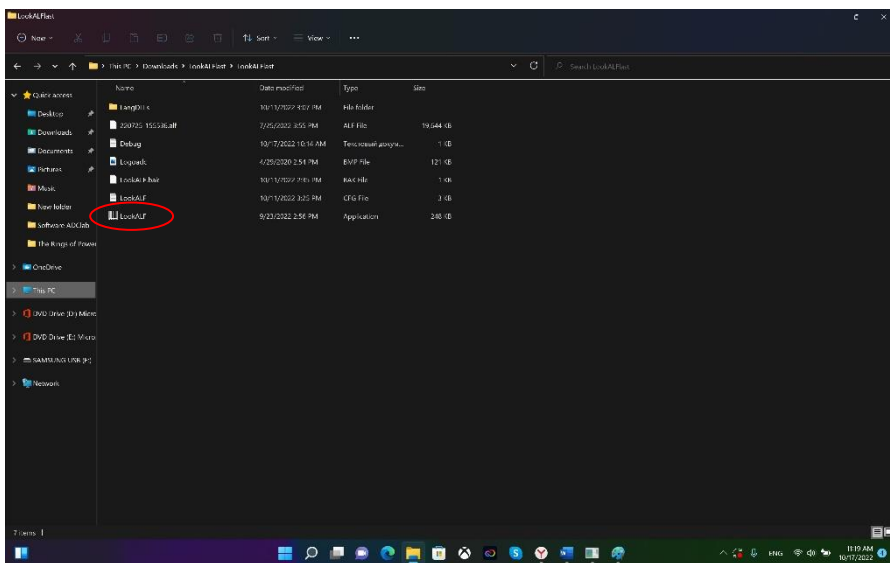


Рис. 3

Программный комплекс LookALF является универсальным программным инструментом для постобработки и корректного анализа записанных данных проведенного эксперимента.

Благодаря множеству функций, LookALF позволяет представлять экспериментально полученные данные в графическом виде, отображать временные и параметрические зависимости, проводить графические измерения, сравнивать графики измерений между собой и с графиками различных измерительных приборов.

Возможна одновременная работа с несколькими окнами внутри программы, также при большом количестве графиков имеется возможность работы на нескольких мониторах для удобства расположения и сравнения большого количества необходимых параметров.

В Программном комплексе имеется набор функций для математической обработки данных. Можно проводить однократную обработку с помощью различных методов для последовательной многоступенчатой обработки данных. Обработанные данные также выводятся на экран в графическом виде.

Также LookALF позволяет проводить экспорт данных в текстовые файлы для их обработки в других программах.

Внешний вид программного комплекса:

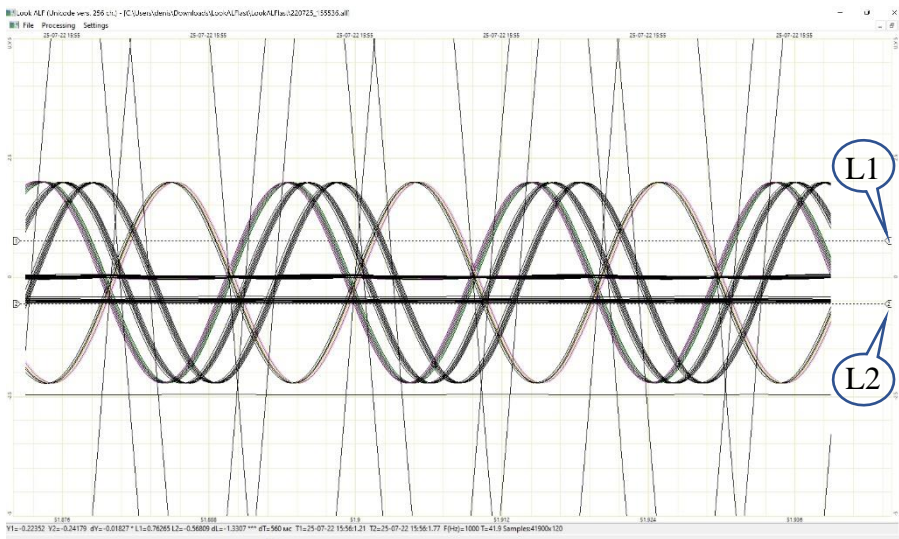


Рис. 4 Окно графиков

Окно программы представляет собой пространство для размещения большого количества графиков. При помощи меток, размещаемых на графике, измеряется диапазон и амплитуда сигнала, его продолжительность. Также можно увидеть частоту дискретизации по каждому каналу.

На верхней панели находятся вкладки:

- **Файл:**
Имеется возможность «Открыть файл» формата .alf, открыть ранее просматриваемые файлы «История», «Закрыть окно графика», «Закрыть все окна графиков», «Сохранить обработанный файл», «Сохранить фрагмент файла (выбранные каналы)», «Выйти из программы»;
- **Обработка (математические функции)** – отдельный раздел описания;
- **Настройки:**
«Параметры» - необходимы для работы с приборами и каналами, «О программе» (Проверка актуальной версии прибора).

Нижняя панель отображает текущую информацию записанного файла:

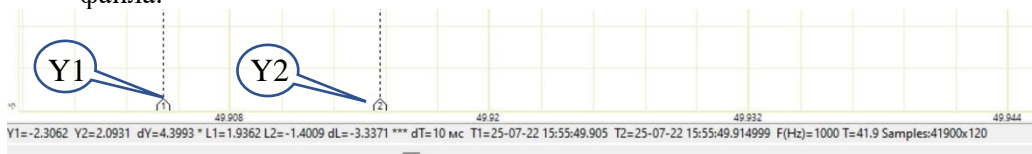


Рис.5 Нижняя информативная панель

Табл. 1

Наименование параметра	Описание	Корректировка
Y1	Метка №1 курсора по оси Y на текущем канале Показывает значение по оси Y в определенной точке	Установить метку можно в разделе «Параметры», выбрав необходимый канал. Перемещается с помощью зажатой левой кнопки мыши
Y2	Метка №2 курсора по оси Y на текущем канале Показывает значение по оси Y в определенной точке	Установить метку можно в разделе «Параметры», выбрав необходимый канал. Перемещается с помощью зажатой левой кнопки мыши
dY	Разница между значениями меток Y1 и Y2 по оси ординат	Зависит от выставленных меток Y1, Y2
L1	Горизонтальная метка №1 (линия). Не привязана к определенной точке, можно отслеживать изменение графика по всей продолжительности по времени	Перемещается с помощью мыши и зажатой клавиши Shift
L2	Горизонтальная метка №2 (линия)	Перемещается с помощью мыши и зажатой клавиши Shift

Руководство пользователя

	Не привязана к определенной точке, можно отслеживать изменение графика по всей продолжительности по времени	
dL	Разница между значениями меток L1 и L2 по оси абсцисс	Зависит от выставленных меток L1, L2
dT	Время, пройденное от метки Y1 до Y2, закрепленное за реальным временем эксперимента	Зависит от выставленных меток Y1, Y2
T1	Корректное время выставленной метки Y1	Время установленной метки Y1 от начала эксперимента, либо реальное время проведенного исследования в зависимости от выбранного значения в окне «Параметры»
T2	Корректное время выставленной метки Y2	Время установленной метки Y2 от начала эксперимента, либо реальное время проведенного исследования в зависимости от выбранного значения в окне «Параметры»
F(Hz)	Частота дискретизации	-
Точки	Продолжительность измерений (количество точек записанного графика)	-

Так же на нижней панели располагается ползунок прокрутки файла.

Программа имеет возможность открывать несколько файлов в разных окнах, сохранять файл в текстовом и alf форматах как полностью графики, так и отдельные каналы, запоминать историю ранее просмотренных файлов, производить математические преобразования, и работать с приборами и каналами вместе и по отдельности.

Табл. 2

Формат файла ALF float

Offset байт	Длина байт	Тип	Значение
0	24	Строка	Всегда содержит "ADCLABFFS" и пробелы, начало заголовка файла
24	8	int64	Восемь нулевых байт
32	24	Строка	Всегда содержит "SAMPLES_FORMAT"
56	8	int64	Всегда 0x00000014(20) и 0x00000000, длина структуры
64	4	Unsigned	Маска, всегда равна 7
68	4	int	Число записанных каналов в файле, далее обозначается как "K"
72	8	double	Частота выборки на каждый канал (синхронную пару)
80	1	Байт	Тип выборки, для float alf всегда равен 1, файл содержит 4-х байтовые выборки типа float
81	1	Байт	Номер младшего значащего бита, для float alf всегда = 0
82	1	Байт	Число значащих бит, для float alf всегда = 0
83	1	Байт	Режим = 0
84	24	Строка	Всегда содержит "CHANNELS_INFO_HEADER" и пробелы
108	8	int64	Всегда для float alf содержит 0x00000014(20) и 0x00000000, длина структуры
116	4	Unsigned	Маска, для float alf = 0x00000003
120	2x8	Double[2]	Диапазон сигналов в каналах, мин и макс
136	24	Байты	Всегда содержит "CHANNELS_INFO" и далее пробелы
160	8	int64	Длина структуры, = 20 x K (число записанных каналов)
168	20xK	Структуры	Тут лежат структуры для каждого из K записанных в файле каналов. Структура описана ниже
168+20xK	24	Строка	Всегда содержит "SAMPLES_RECORD_INFO" и пробелы
192+20xK	8	int64	Длина структуры, = 8
200+20xK	8	int64	Смещение, = 0
208+20xK	24	Строка	Всегда содержит "SAMPLES_RECORD" и пробелы
232+20xK	8	Байты	Всегда 8 байт 0xff
240+20xK	Много X 4 байта, до конца файла	float	Область отсчетов (измерений). Каждый отсчет по 4 байта типа float. Область отсчетов содержит последовательные выборки. Одна выборка включает по одному отсчету для заданного числа каналов(пар). В поле со смещением 68 (см. выше) определяется, сколько каналов включено в выборку. Длина одной выборки в байтах = 4 x число каналов. В структурах, расположенных ниже смещения 168, определяется, какие каналы включены в выборку

Формат структуры для канала

Offset байт	Длина байт	Тип	Обозначение	Значение
0	4	int		Номер канала
4	2x8	Double[2]		Диапазон сигнала для канала, мин и макс

Для хранения получаемых в процессе сбора данных, используется формат файлов ADCLABFF. Файлы этого формата имеют расширение *.alf. ADCLABFF - специализированный бинарный формат файлов, разработанный компанией «ADClab» специально для хранения больших объемов данных. Данный формат обеспечивает возможность быстрой последовательной записи данных и быстрый доступ к данным при чтении. Далее для краткости, говоря о файлах, содержащих данные в формате ADCLABFF, будем называть их «alf-файлами». Программный

Руководство пользователя

продукт может использоваться независимо от аппаратной части программно-аппаратных комплексов, предоставляя сервис для работы с alf-файлами. При хранении данных в alf-файлах обеспечивается последующая возможность их просмотра и анализа программным продуктом, а также возможность их преобразования в файлы других форматов.

Функционал программного комплекса

Программа «LookALF» представляет собой программное обеспечение, являющееся составной частью многоканальных программно-аппаратных комплексов сбора и анализа данных, поставляемых компанией «ADClab», как на основе устройств, разработанных этой компанией, так и на основе устройств сторонних производителей. Данный программный продукт обеспечивает управление и настройку таких программно-аппаратных комплексов, предоставляет удобный пользовательский интерфейс для сбора, просмотра, сохранения, экспорта и структуризации данных, получаемых от них в процессе сбора данных.

- **Работа с графиками**

При открытии файла по умолчанию отображаются все записанные параметры. Для эффективной работы с отображаемыми данными необходимо произвести сортировку по каналам и устройствам. Открываем вкладку «Настройки» => «Параметры», как показано ниже:

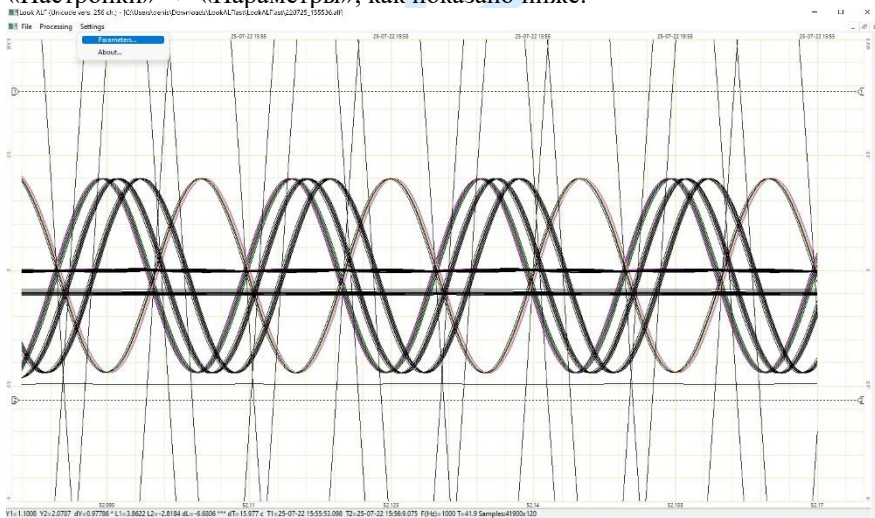


Рис. 5 Настройки

Программный комплекс позволяет разместить в одном окне графика до 8 измерительных приборов по 32 канала на каждом. В зависимости от проведенного испытания «LookALF» будет отображать то количество приборов, которое принимало участие в записи данного файла. На Рис. 6 (ниже) выведено 5 приборов (Dev1, Dev2, Dev3, Dev4, Dev5), что соответствует проводимому исследованию. На 24 канала каждого прибора подавались сигналы с генератора, что можно увидеть в окне параметров.

Пользовательский интерфейс окна «Параметры» (Рис. 6) позволяет:

1. Переключаться между приборами, проводившими запись данного файла,
Выбираем необходимый прибор (в примере Dev1-5);
2. Отображать или скрывать кривую сигнала каждого канала на любом из доступных приборов,
Номера 1-24 соответствуют каналам выбранного измерительного прибора. Скрывать/отображать канал можно кликнув левой кнопкой мыши на галочку слева от номера канала;
3. Выбирать цвет каждого канала,
Нажимаем на цвет необходимого канала и назначаем из палитры;
4. Устанавливать курсоры по оси У на интересующий канал;
5. Найти канал и ярко выделить его,
Выбрать номер канала внизу окна параметров и поставить галочку «маркировать»;
6. Выбрать временные рамки,
Отображать время, соответствующее времени и дате записи файла либо время, пройденное с начала записи файла до установленного курсора;
7. Для удобства можно выбрать все или отменить выбор всех каналов соответствующими кнопками в окне параметров (при большом количестве каналов или приборов);
8. После внесения изменений необходимо нажать «Применить».

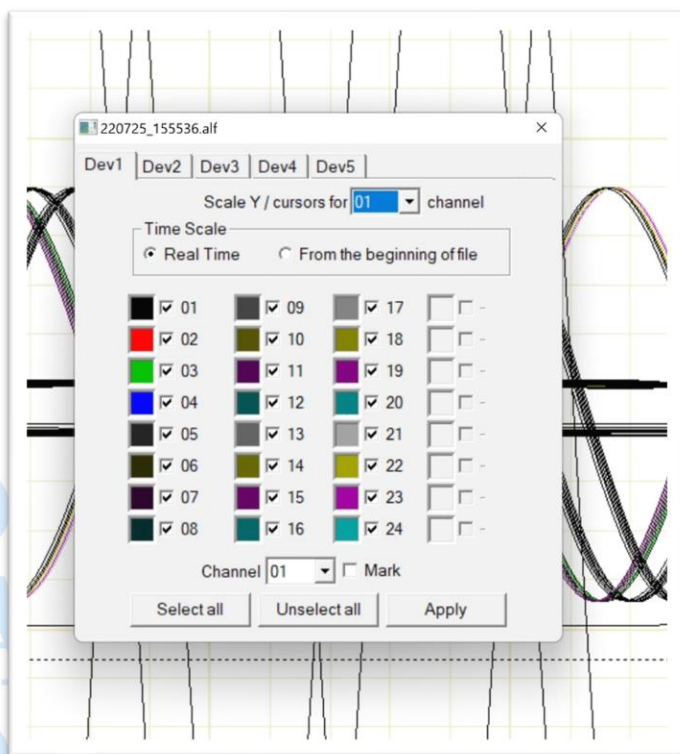


Рис.6 Окно «Параметры»

Математические функции и возможности преобразования

В программном комплексе представлен широкий набор математических преобразований и возможностей для построения зависимостей и вычисления значений с помощью различных функций.

Выбрать необходимую функцию можно во вкладке «Обработка» как представлено на Рисунке №7.

Внимание!!! Каждая математическая функция выполняется только для участка между выставленными метками Y1 и Y2.

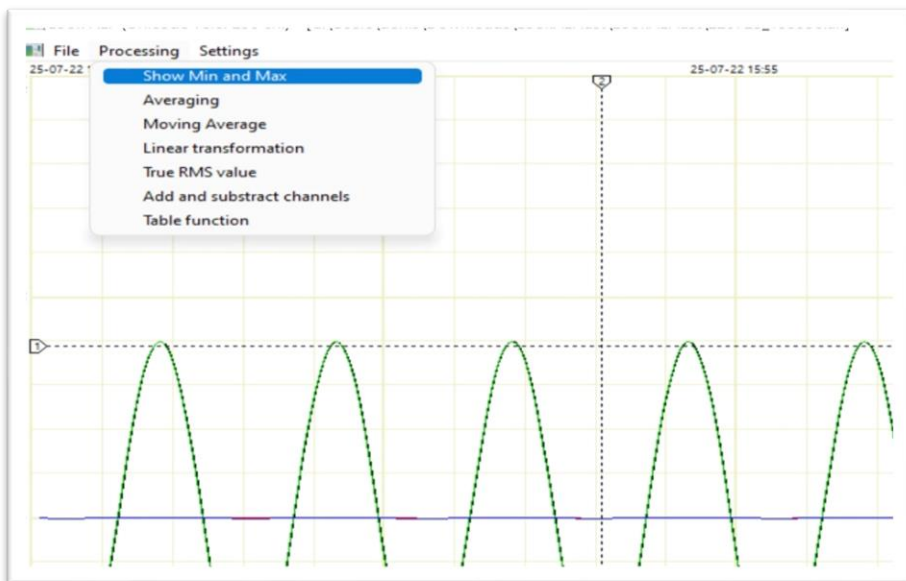


Рис. 7 Окно «Обработка»

1. Функция «Показать Мин-Макс»

Программный комплекс LookALF позволяет открывать файлы больших размеров, в которых записаны большие массивы данных в течение продолжительного времени. Для отображения на экране быстропротекающих и краткосрочных процессов, например коротких импульсов, выбросов, сбоев и флуктуаций, которые вы можете долго и мучительно искать, прокручивая фрагменты файла на экране, который отображает в HD режиме 1920 точек информации. Гораздо проще воспользоваться функцией «Показать Мин-Макс», которая работает следующим образом:

Весь массив данных M разбивается на 1920 отрезков R , в случае с HD-разрешением, после чего в полученных массивах $M_1, M_2...M_n$ вычисляется максимальное и минимальное значение, которое и выводится на экран.

Результирующая формула для представления результатов:

$$\text{Min} \left\{ \frac{M_n}{2R} \right\}; \text{Max} \left\{ \frac{M_n}{2R} \right\}$$

Рассмотрим пример выполнения функции «Показать Мин-Макс»:

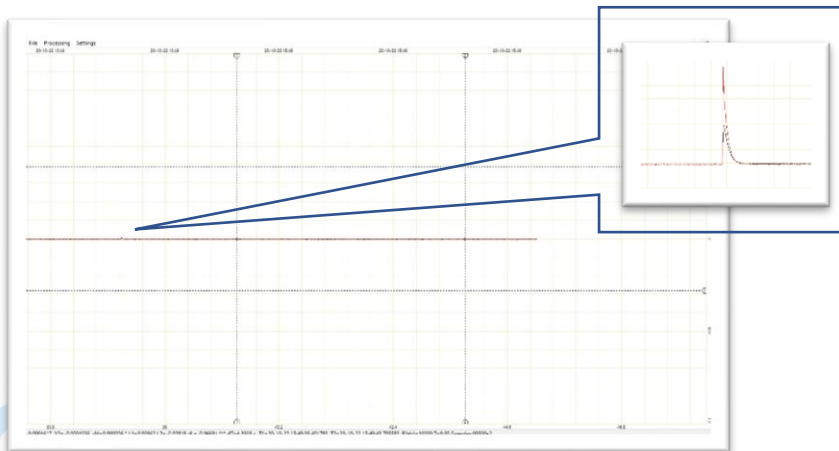


Рис. 8 Записанный файл

На графике (рис. 8) показан продолжительный файл, проведенного эксперимента. По всей длине записи мы видим постоянную линейную функцию, но при масштабировании можно заметить импульсы. Данная вычислительная функция позволяет отобразить пики импульсов по всей длине записи, что позволяет избежать потери некоторых важных значений. Эта обработка полезна при продолжительной записи с высокой частотой дискретизации, что характерно мониторингу постоянных измерений.

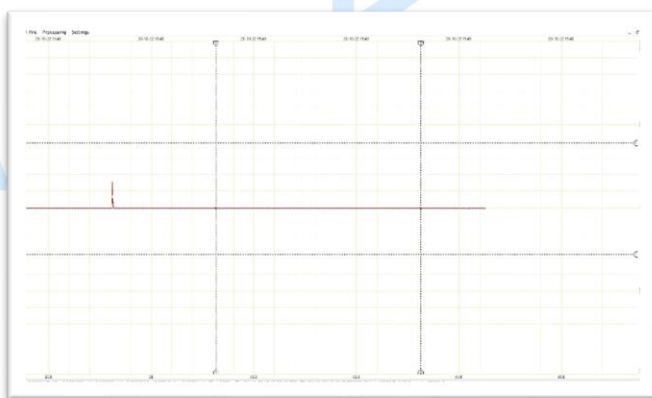


Рис. 9 Выполненная функция «Мин-Макс»

При выполнении данной функции все не видимые импульсы на продолжительном участке отображаются и их легче найти.

2. Функция «Осреднение»

Среднее арифметическое – равно сумме всех чисел множества, деленных на их количество.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n)$$

где n – число осреднений

К вашему сведению, следует помнить, что каждое четырехкратное усреднение дает дополнительный разряд точности измерений по отношению к случайной шумовой составляющей.

Данный метод эффективен в случае существенного превышения частоты дискретизации над верхней частотой измеряемого сигнала, данный метод называется Oversampling и подтверждает преимущество высокой частоты дискретизации наших приборов.

Примечание. При выполнении данной функции необходимо учитывать выбранный промежуток осреднения и частоту дискретизации на участке. Количество точек между маркерами Y1, Y2 при осреднении должно быть как минимум в два раза больше, чем осреднений. К примеру, между метками Y1 и Y2 100 миллисекунд при частоте дискретизации 1000 Hz, соответственно 100 точек внутри промежутка и количество осреднений должно быть не более 50, что соответствует результату в 2 точки, в противном случае программа не сможет построить кривую.

На Рисунке 8 показано окно выбора количества осреднений.

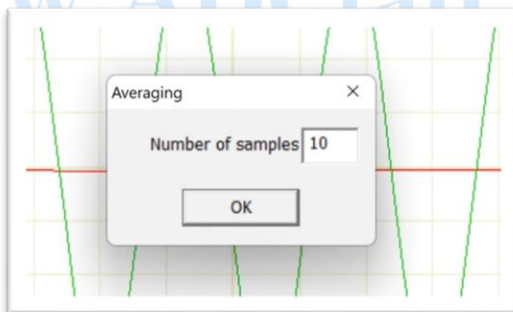


Рис. 10 Окно выбора количества осреднений

При измерении медленнопротекающих процессов прибором с возможностью записи высокой частоты дискретизации можно применить функцию осреднения для отслеживания тенденции изменения сигнала по времени.

На рисунке 11 показан сигнал, который необходимо отфильтровать по времени и отслеживать тенденцию изменения значения по времени.

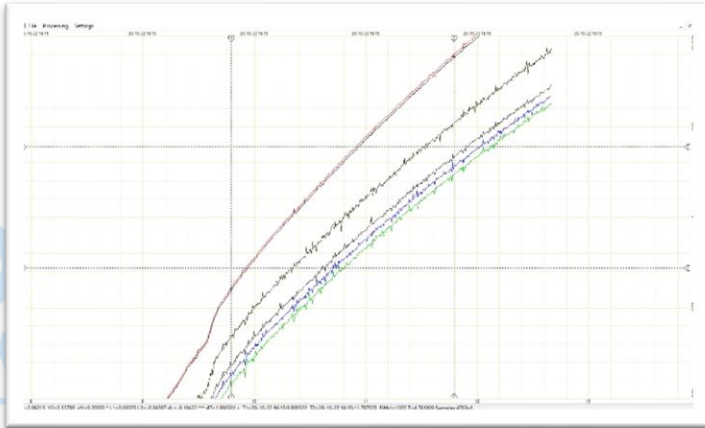


Рис. 11 Записанный сигнал

Осреднения позволяет наглядно и без шумов исследовать протекание процесса, как показано на Рис. 12

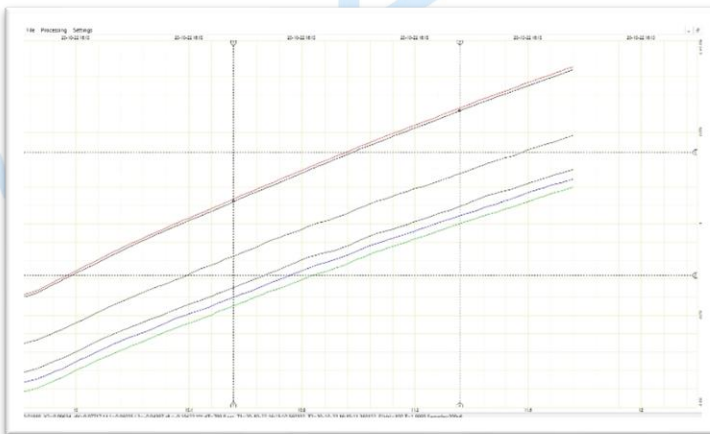


Рис. 12 Результат вычисления математической функции «Осреднение» при количестве осреднений равному 10

3. Функция «Скользящее среднее»

Данное преобразование используется для сглаживания краткосрочных колебаний с целью определения долгосрочной зависимости.

Еще более интересная функция, отличается от простого среднего арифметического тем, что после данного преобразования не уменьшается число измерений, лучше всего показано здесь:

<https://excel2.ru/articles/skolziashchee-srednee-v-ms-excel>

Математическая формула выглядит следующим образом:

$$Y(t) = \frac{Y(t - 1) + Y(t) + Y(t + 1)}{3}$$

4. Функция «Линейное преобразование»

Основное свойство данной функции: приращение функции пропорционально приращению аргумента.

Применяемая формула:

$$Y = aX + b$$

www.ADClab.ru

Руководство пользователя

Рассмотрим вариант применения данной функции:

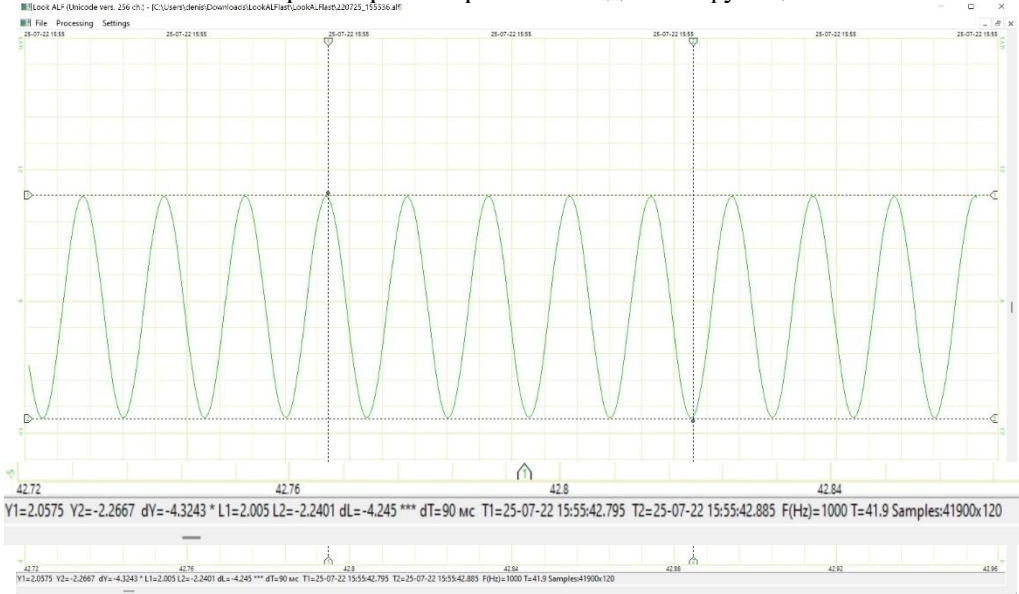


Рис. 13 Исследуемый промежуток

На Рис. 14 показана синусоида с параметрами на нижней панели. Применим Функцию «Линейное преобразование»:

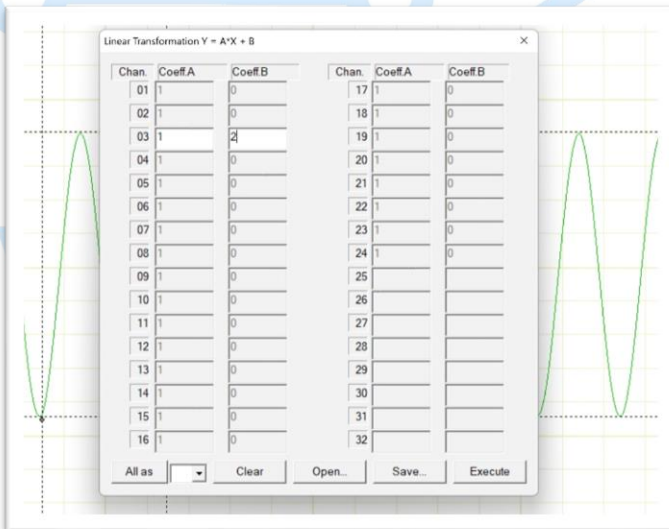


Рис. 14 Окно условий «Линейной функции»

По формуле
 $Y = aX + b$

Введем значения $a=1$, $b=2$ и применим,
В новом окне появится результат:

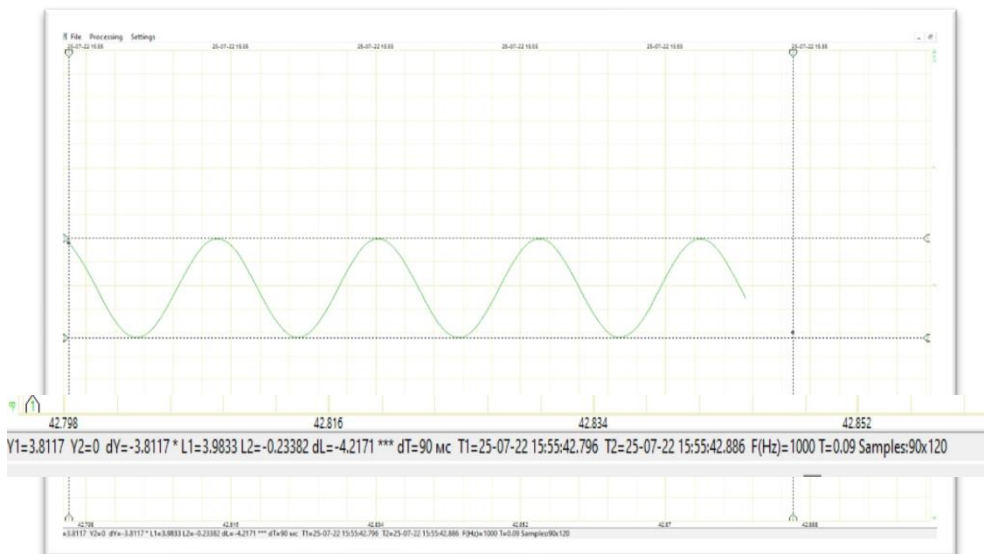


Рис. 15 Результат вычисления функции

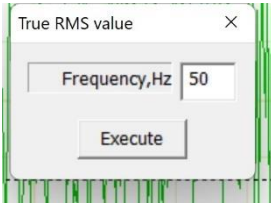
Таким образом мы получили смещение с помощью простейшего линейного преобразования. Так же можно сравнивать исследования с другими каналами и фиксировать результат.

5. Функция «Действующее значение»

Действующее (эфффективное) значение напряжения — это такое напряжение постоянного тока, которое на такой же резистивной нагрузке выделит такую же мощность, как измеряемое переменное напряжение. Соответственно, действующее значение силы тока — такое значение силы постоянного тока, при прохождении которого через резистивную нагрузку выделится такая же мощность, что и при прохождении измеряемого тока.

Руководство пользователя

Для выполнения вычислений с помощью данной функции необходимо ввести частоту напряжения в Герцах.



Введите известную частоту сигнала, как правило в электросети применяется 50, 60, 120, 400, ... Гц.

Для выполнения данной функции необходим участок измерения продолжительностью от 1-2 секунд.

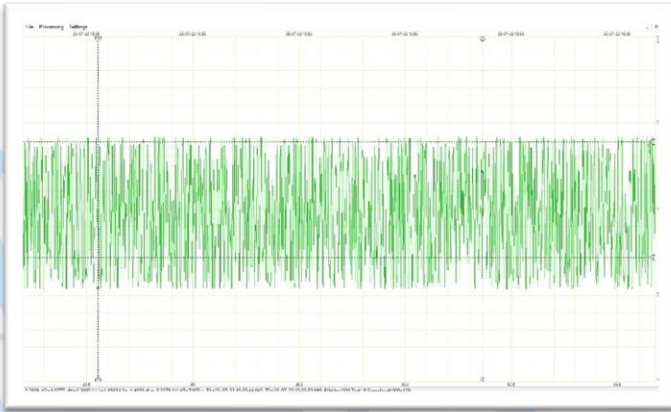


Рис. 16 Синусоида записанного сигнала, продолжительного по времени



Рис. 17 Результат вычисления действующего значения напряжения при частоте сигнала 50 Гц

Математическая формула действующего значения, применяемая в программе:

$$Y(t) = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t y^2 dt} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

Где $\frac{1}{t} = F$ – частота дискретизации

6. Функция «Сложение и вычитание»

Данное преобразование позволяет работать с сигналами, записанными в каналах. Имеется возможность складывать друг с другом и вычитать друг из друга каналы.

В окне настройки данной функции можно выбрать аргумент +/- , номер устройства и канала, а так же назначить новый диапазон шкалы Y исходя из предполагаемого результата.

Выбираем количество вычислений, которое будем проводить

В столбцах № 1 и №2 выбираем прибор и каналы, которые будем складывать или вычитать

Add or subtract channels

Number of output channels: 4

	Dev.1	Chan.1	Dev.2	Chan.2	Range min	max	
1	+	2	6	+	2	7	-20 < 20 Set
2	+	1	2	-	1	3	0 < 40 Set
3	-	3	5	+	4	1	-15 < 38 Set
4	-	1	4	-	1	5	-20 < 20 Set
5	+	1	1	+	1	1	< < Set
6	+	1	1	+	1	1	< < Set
7	+	1	1	+	1	1	< < Set
8	+	1	1	+	1	1	< < Set
9	+	1	1	+	1	1	< < Set
10	+	1	1	+	1	1	< < Set
11	+	1	1	+	1	1	< < Set
12	+	1	1	+	1	1	< < Set
13	+	1	1	+	1	1	< < Set
14	+	1	1	+	1	1	< < Set
15	+	1	1	+	1	1	< < Set
16	+	1	1	+	1	1	< < Set

Execute

Подбираем примерный диапазон от минимального значения до максимального по оси Y, который будет соответствовать будущему вычислению

Рис. 18 Окно функции «Сложение и вычитание»

Руководство пользователя

На Рис. 11 показано 4 возможных варианта вычислений, которые расшифрованы в таблице 3 ниже:

Номер вычисления	Знак +/-	Номер прибора Dev. 1/2	Номер канала на выбранном приборе Chan. 1/2	Цвет, с которым будет отображаться кривая	Диапазон предполагаемого результата Min-max
1					На первой строке показано сложение на втором приборе 6 и 7 каналов, предполагаемый диапазон результата по оси Y будет -20 до 20 ед. измерения, цвет отображения кривой выбрали синий
2					Вторая строка показывает функцию вычитания из 2 канала третий на первом приборе, предполагаемый диапазон результата по оси Y будет 0 до 40 ед. измерения, цвет отображения кривой выбрали зеленый
3					В третьей строке вариант вычитания из 1 канала на 4 приборе пятый канал на третьем приборе, предполагаемый диапазон результата по оси Y будет -15 до 38 ед. измерения, цвет отображения кривой выбрали красный
4					Аналогично в 4 варианте складываем 4 и 5 каналы на первом приборе, но со знаком (-)

В результате (рис. 10) мы получим 4 кривые на графике в новом файле, обработанные с помощью математической функции «Сложение и вычитание».

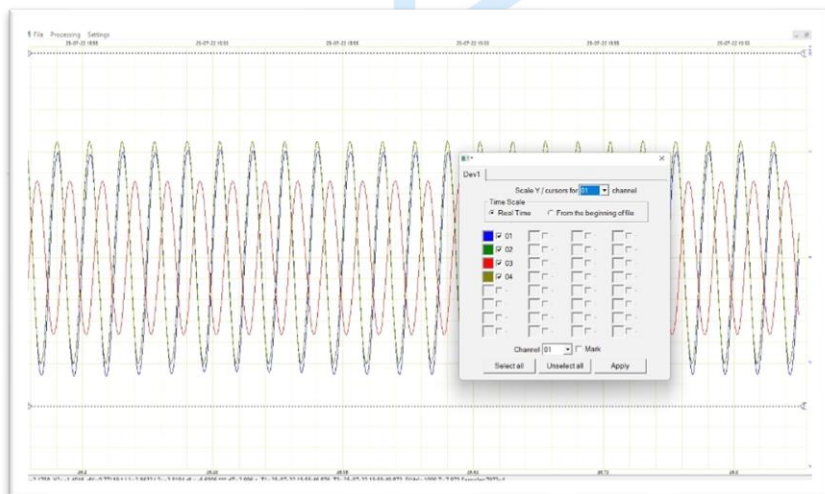


Рис. 19 Результат вычисления

7. «Табличная функция»

Функция преобразования и корректировки измеренного процесса. Измерительные приборы воспринимают и выдают информацию с разных типов датчиков в определенном виде единиц измерений. Для удобства работы с различными единицами измерений и отображения графиков в подходящем для исследователя виде можно привести графики к необходимому виду. Как правило датчики имеют градуировочные таблицы для сопоставления измеренных напряжений с определенной единицей измерения.

Каждый датчик имеет четкие характеристики и градуировочную таблицу с помощью которой можно проводить данные вычисления.

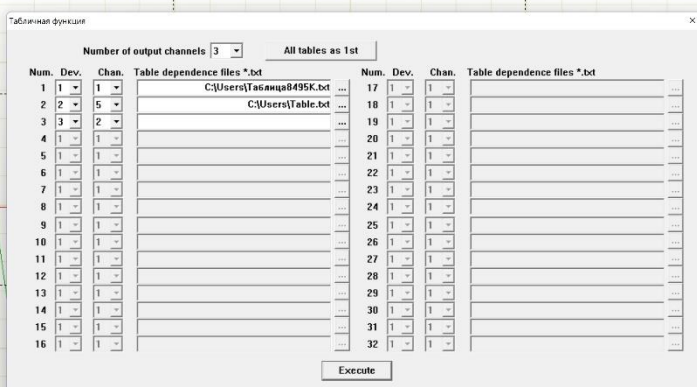


Рис. 20 Окно «Табличная функция»

В окне вычислений можно выбирать номер прибора и канала и их количество для преобразования. Файл градуировочной таблицы должен быть в формате .txt и соответствовать формату приведенному ниже.

Температура, С	Напряжение, В
-260	-0.786
-240	-0.774
-220	-0.751
-200	-0.719
-180	-0.677
-160	-0.627
-140	-0.569
-120	-0.504
-100	-0.432
-80	-0.355
-60	-0.272
-40	-0.184
-20	-0.093
0	0.003
20	0.1
25	0.125
40	0.2
60	0.301
80	0.402
100	0.504
120	0.605
140	0.705
160	0.803
180	0.901
200	0.999
220	1.097
240	1.196
260	1.295
280	1.396

Рис. 21 Пример градуировочной таблицы для вычисления

При работе в программе Microsoft Excel с таблицами второй столбец соответствует результатам, единица измерения которых такая же, как и при проведении исследований. Данные в эксперименте будут преобразовываться к первому столбцу.

Сохранение файла из формата Excel необходимо делать в формат .txt (Текст Юникод) и открывать в окне «Табличная функция».

В результате мы получим шкалу и кривые соответствующие новой единице измерения.

Например, вы работаете с термопарами, которые имеют нелинейную шкалу преобразования напряжения в температуру в виде таблицы, которую вы можете применить в данном преобразовании, каждому каналу может быть назначена своя таблица или одинаковые для всех каналов.

8. Функция «Спектральный анализ фрагмента»

Функция описывает коэффициенты амплитуды при разложении исходной функции на элементарные составляющие — гармонические колебания с разными частотами.

Преобразование Фурье функции f вещественной переменной является интегральным и задаётся следующей формулой:

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-ix\omega} dx$$

где $\hat{f}(\omega)$ – спектр, ω – циклическая частота сигнала с шагом $d\omega$, $f(x)$ - исследуемый сигнал,

В данной функции программного комплекса «LookALF» используется «Оконное преобразование Фурье», которое определяется:

$$F(t, \omega) = \int_{-a}^b f(\tau)W(\tau - t)e^{-i\omega\tau} d\tau$$

где $W(\tau - t)$ – оконная функция, t – время, ω – частота сигнала, τ – положение окна, a, b – ограничения частоты спектра, $f(\tau)$ – преобразованный сигнал,

Оконная функция в случае дискретного преобразования:

$$F(m, \omega) = \sum_{n=-a}^b f[n]\omega[n - m]e^{-j\omega n}$$

где $f[n]$ – преобразованный сигнал, $\omega[n - m]$ – оконная функция, ω – циклическая частота сигнала

При необходимости исследования локального распределения частот, при этом сохранить изначальную переменную реального времени используется обобщение преобразования Фурье — оконное преобразование Фурье. Для начала необходимо выбрать некоторую оконную функцию W , причём эта функция должна иметь хорошо локализованный спектр.

Данный раздел предназначен для периодической составляющей сигнала.

Сигнал заданной длительности разбивается на ряд интервалов с помощью скользящего окна того или иного типа. Это позволяет получать, исследовать и строить в виде спектрограмм динамические спектры и анализировать их поведение во времени.

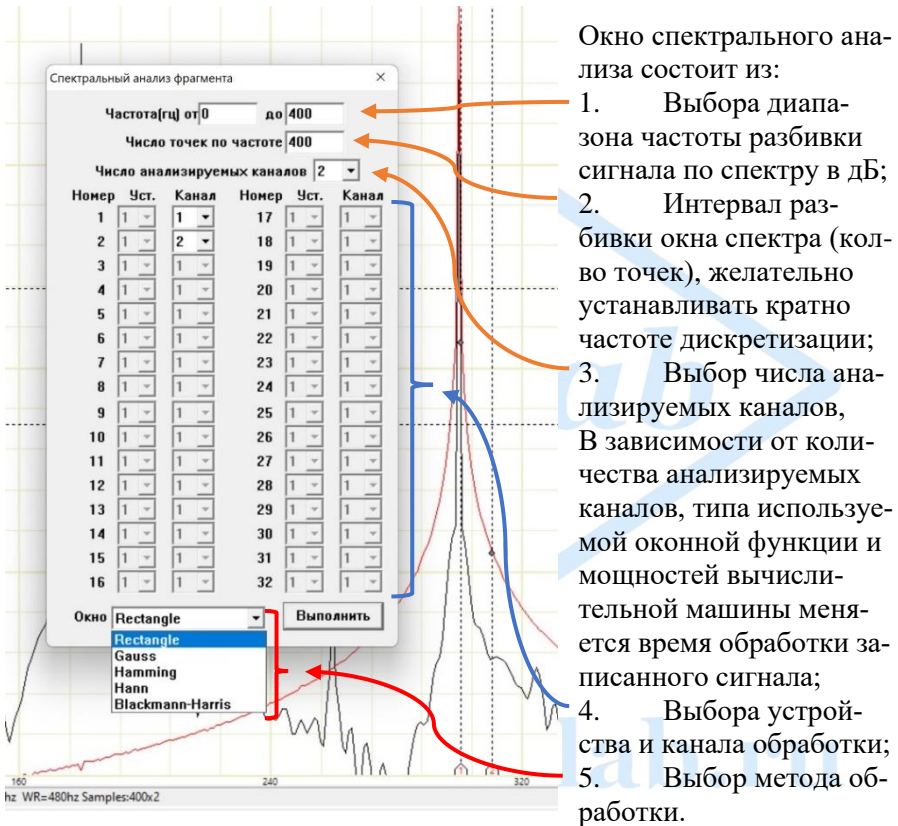


Рис. 22 Окно «Спектральный анализ»

Для того чтобы уменьшить растекание сигнала на боковых лепестках спектра, надо уменьшить уровень боковых лепестков. Поэтому для уменьшения эффекта растекания необходимо изменить оконную функцию, исключив скачки в начале и конце.

Функционал и типы оконных преобразований:

- Оконная функция «Прямоугольник»

Прямоугольное окно имеет единичное значение для всех частот $n = 0 \dots N-1$;

Вид прямоугольного окна и его спектральная плотность энергии показаны ниже:

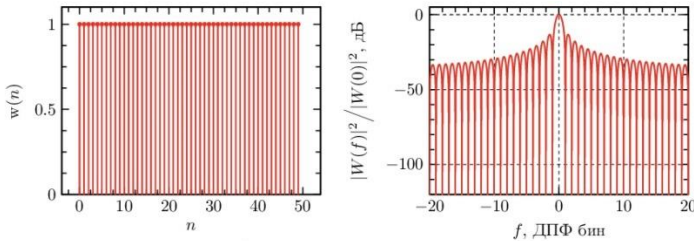


Рис. 23 Окно «Прямоугольник»

Рассмотрим пример выполнения данного оконного преобразования:

Открываем ранее записанные сигналы в виде синус и прямоугольных импульсов,

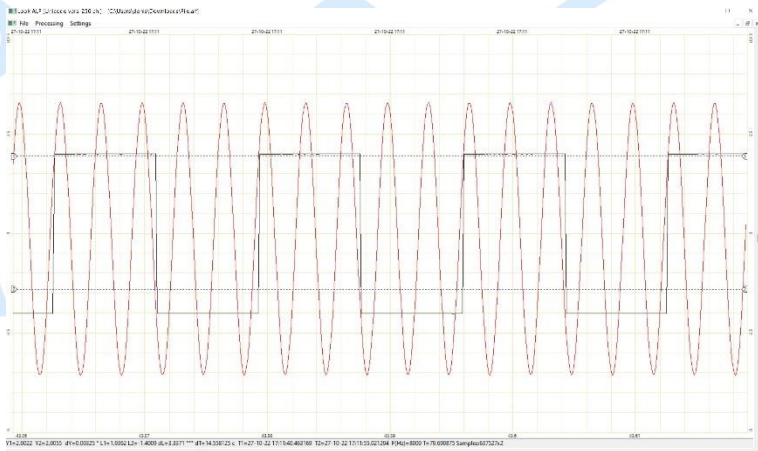


Рис. 24 Записанные сигналы

Выставляем метки на обрабатываемый временной промежуток,

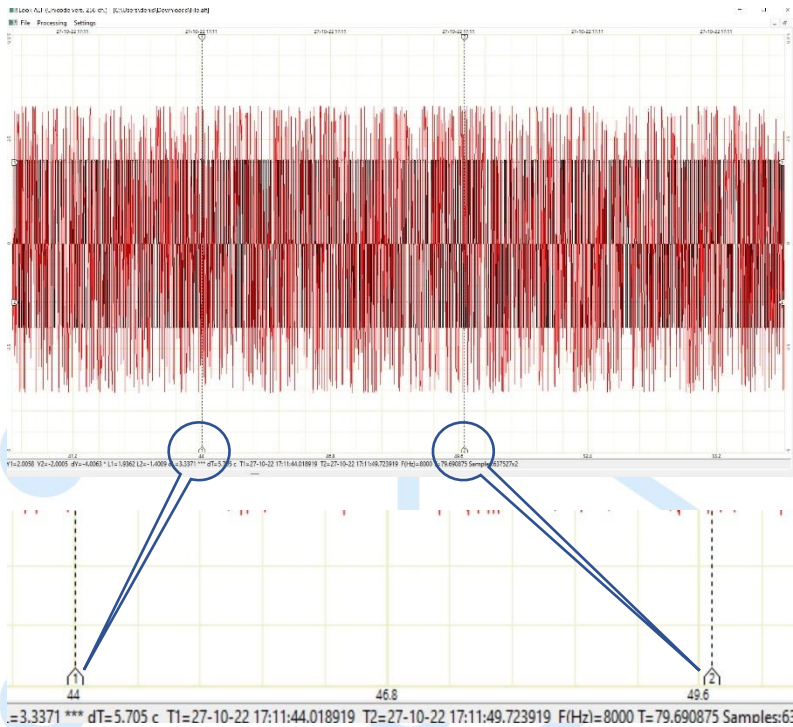
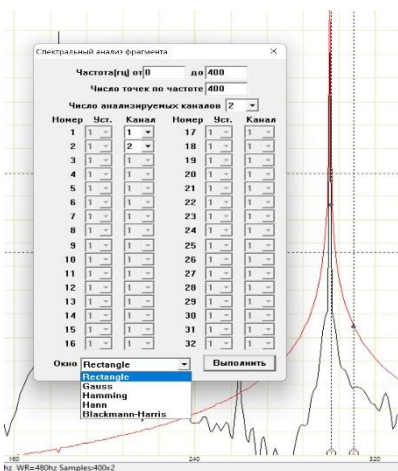


Рис. 25 Временные метки Y1, Y2 исследуемого промежутка записи



- Вводим предполагаемую частоту разложения спектра (в примере от 0 до 400 Гц);
- Количество точек на единицу времени (желательно кратно частоте)
- Выбираем число анализируемых каналов (2);
- Выбираем устройство и номер интересующего канала (в данном случае устройство одно, число каналов 2, выбрали первый и второй канал соответственно);
- Выбираем оконную функцию «Прямоугольник» и нажимаем кнопку «Выполнить».

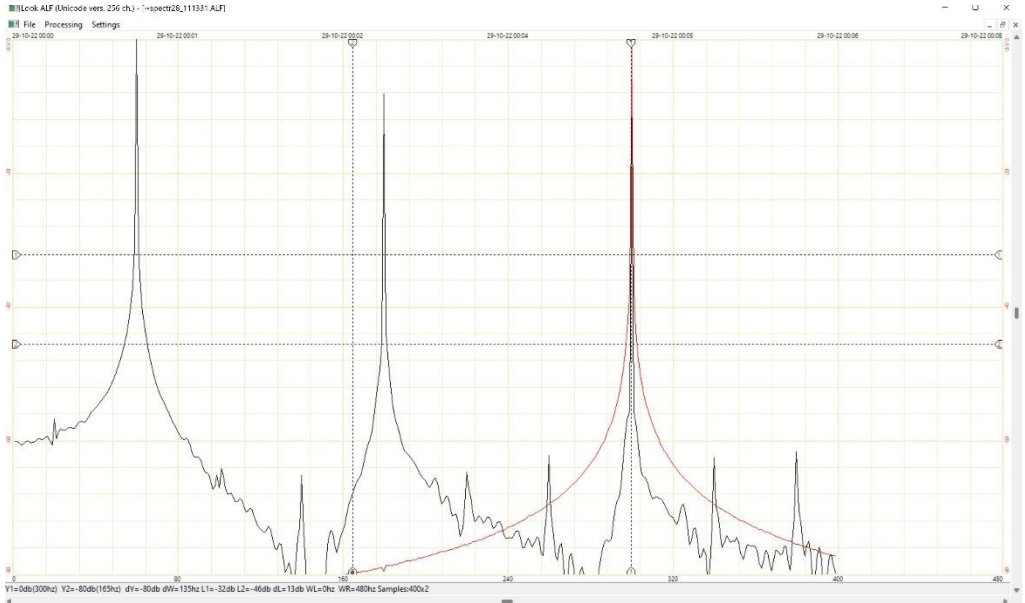


Рис. 26 Результат выполнения функции спектрального анализа «Прямоугольник»

В результате мы получили спектр сигнала, разложенный по частоте от 0 до 400 Гц (по оси абсцисс) по амплитуде в дБ (ось ординат).

Спектр синуса (красная кривая графика) имеет один пик с плавными растеканиями боковых лепестков, где на пике 0 дБ. Спектр прямоугольных импульсов (черная кривая) имеет несколько пиков на различных частотах.

При выполнении функций спектрального анализа желательно выполнять обработку только схожих по параметрам сигналов, либо по одиночке. В случае обработки разных по типу сигналов возможно неправильное масштабирование, так как программа масштабирует шкалу Y по сигналу, который выбран в разделе «Параметры» для установки меток Y1, Y2.

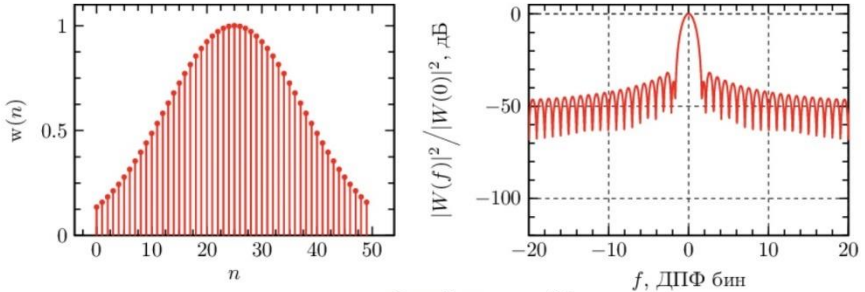
- **Оконная функция «Гаусса»**

Параметрические окна Гаусса позволяют менять ширину окна и получать различный уровень боковых лепестков спектральной плотности энергии оконной функции с помощью параметра α :

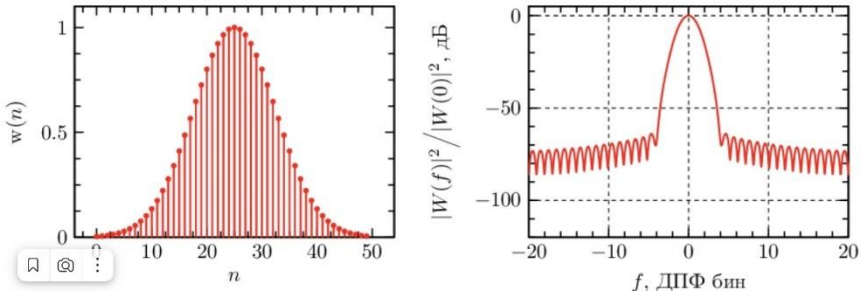
$$W(n) = e^{-\frac{1}{2}(\alpha \frac{n}{N/2})^2} \quad -\frac{N}{2} \leq n \leq \frac{N}{2}$$

где N – число отсчетов, α – задаваемый параметр, n – частота

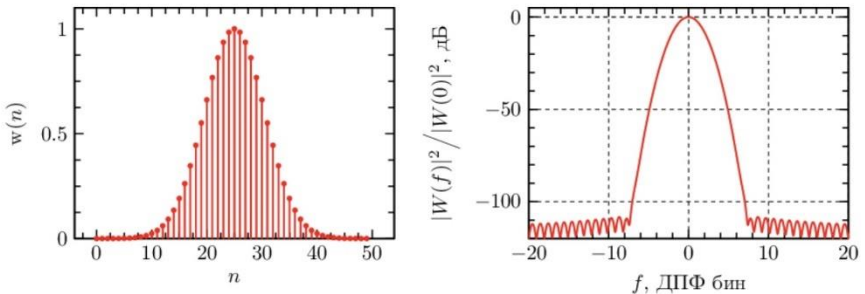
Ширина окна обратно пропорциональна параметру α



Окно Гаусса, $\alpha = 0.5$



Окно Гаусса, $\alpha = 0.3$



Окно Гаусса, $\alpha = 0.22$

Рис. 27 Изменение спектра по параметру α

В окне спектрального анализа фрагмента, аналогично предыдущей функции настраиваем параметры и выбираем окно «Гаусса»

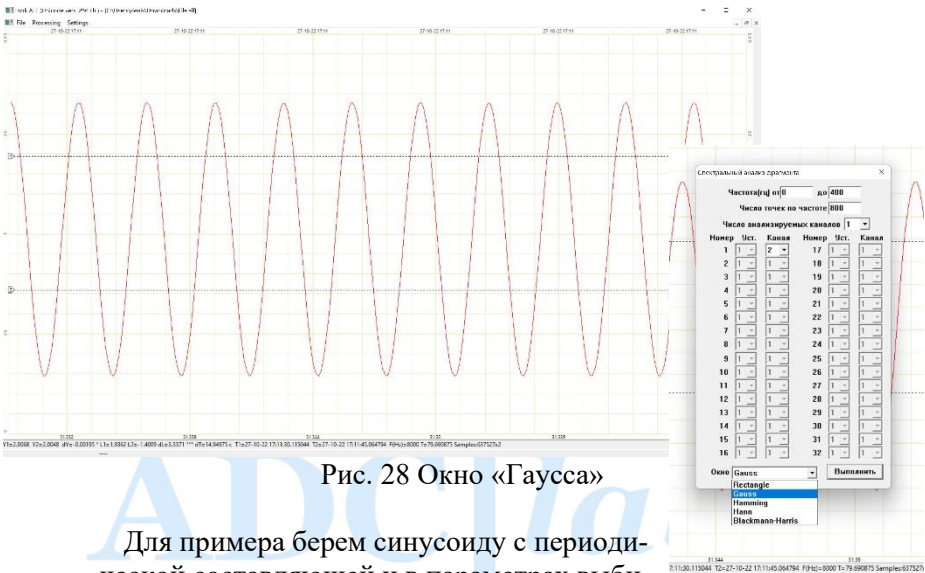


Рис. 28 Окно «Гаусса»

Для примера берем синусоиду с периодической составляющей и в параметрах выбираем соответствующий канал, частоту разложения по спектру, масштабирование (число точек) и Окно Гаусса.

В результате получаем спектр сигнала, разложенный по интересующей частоте:

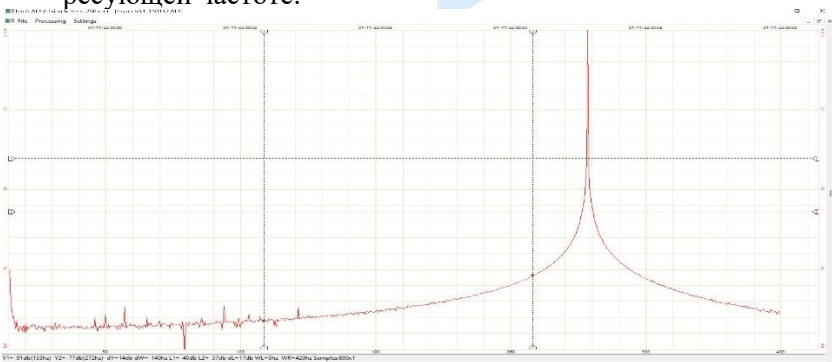


Рис. 29

• **Оконная функция «Хемминга»**

Окно Хемминга использует период приподнятого косинуса. При этом коэффициенты смещение и амплитуда косинуса равны 0,5:

$$W(n) = \alpha_0 - (1 - \alpha_0) \times \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$$

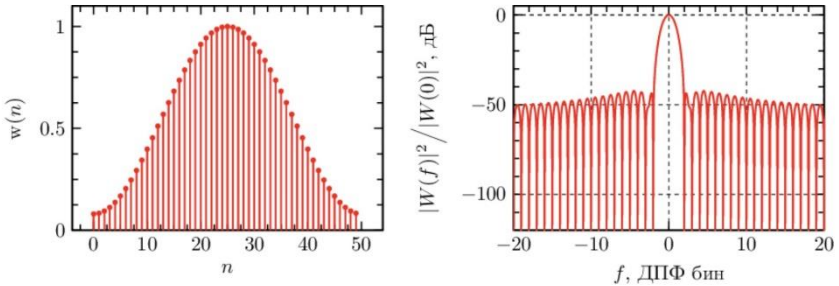


Рис. 30

Окно Хемминга обладает хорошими частотными свойствами – низкий уровень боковых лепестков и малая ширина окна.

• **Оконная функция «Ханна»**

Окно Ханна представляет собой один период приподнятого косинуса.

$$W(n) = 0,5\left(1 - \cos\left(2\pi \frac{n}{N}\right)\right), 0 \leq n \leq N$$

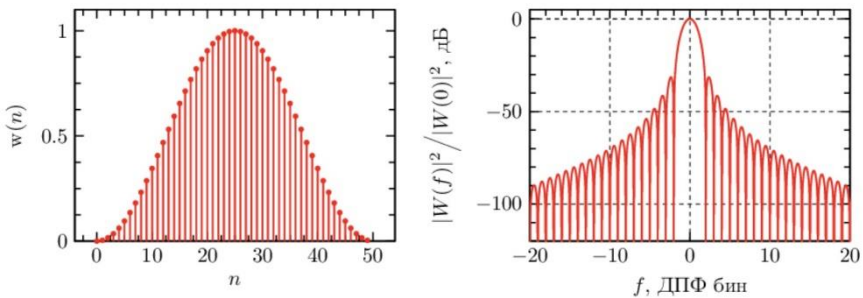


Рис. 31

Выполним задачу разложения на спектр двух синусоидальных сигналов, предварительно сложив их в один. Для этого открываем запись двух сигналов с разной частотой дискретизации и амплитудой. Выставляем метки Y1, Y2 по анализируемому участку во времени:

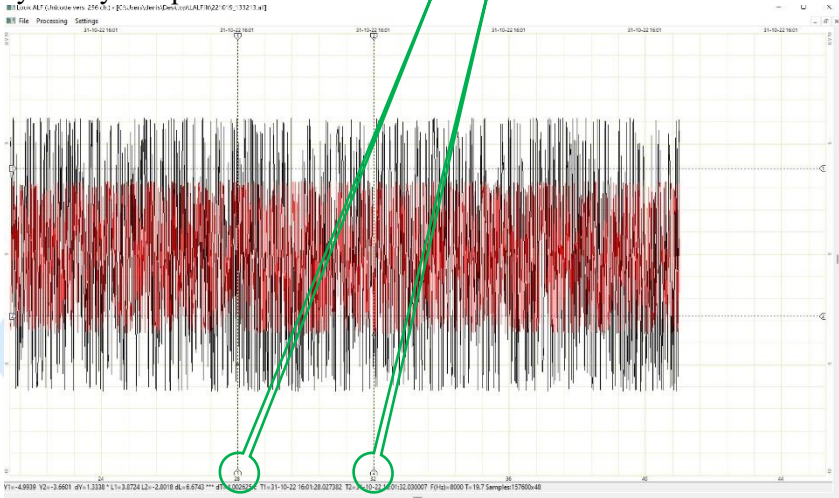


Рис. 32 Установка меток Y1, Y2 по времени

Для наглядности масштабируем сигнал и выполняем функцию «Сложения» (Пункт №6 данного описания):

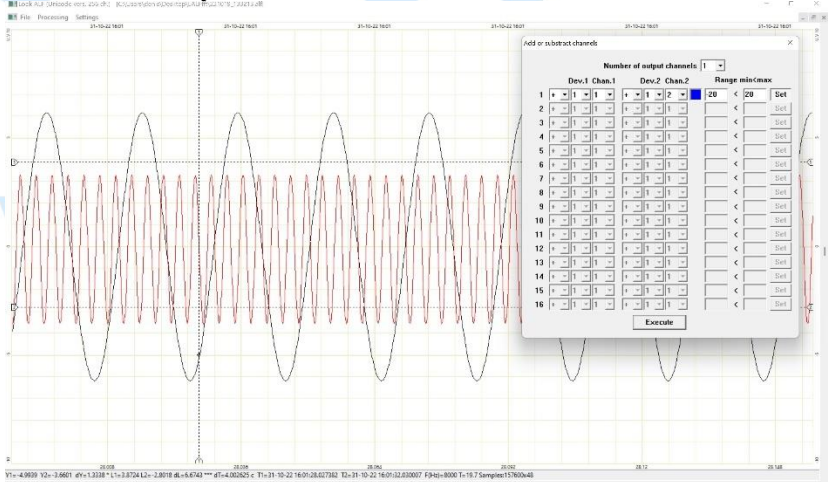


Рис. 33 Сложение первого и второго каналов

Получаем результат функции сложения в новом окне в виде одного сигнала:

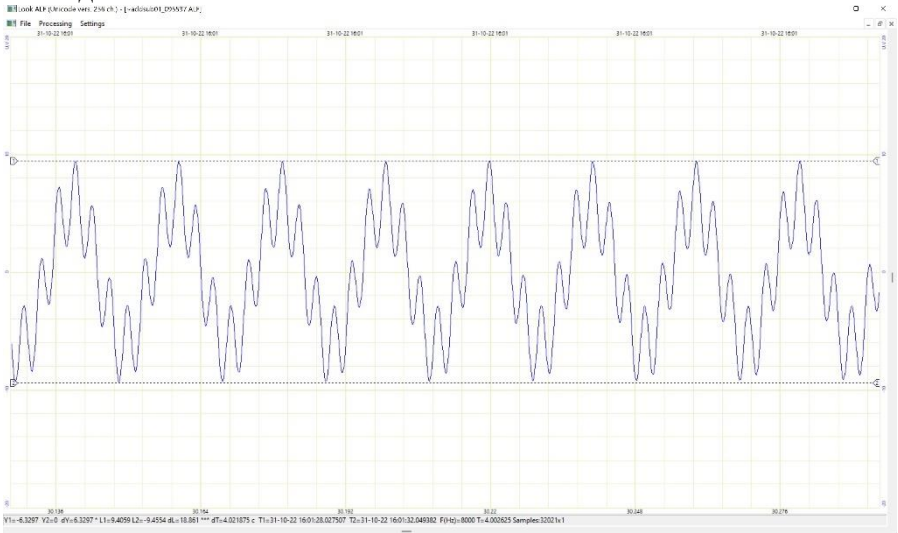


Рис. 34

Разложим данный сигнал с помощью функции спектрального анализа «Окно Ханна»:

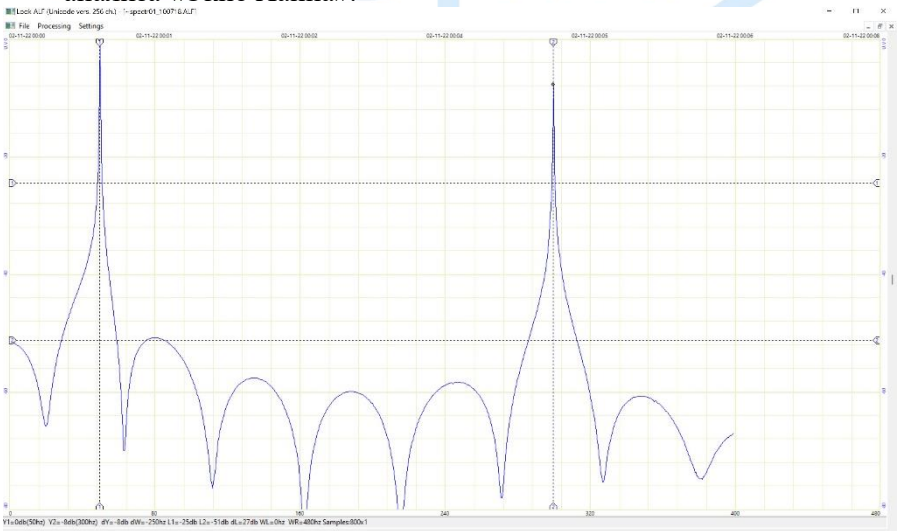


Рис. 35 Результат обработки сигнала (предварительно сложенные синусоидальные сигналы) с характерными пиками при разложении по частоте от 0 до 400 Гц

- Оконная функция «Блэкмана-Харриса»

Добавление косинусоидальных слагаемых и оптимизация коэффициентов с четырьмя слагаемыми. Уровень боковых лепестков спектральной плоскости энергии уменьшается, но увеличивается ширина главного лепестка.

$$W(n) = \alpha_0 - \alpha_1 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right) - \alpha_3 \cos\left(\frac{6\pi n}{N}\right)$$

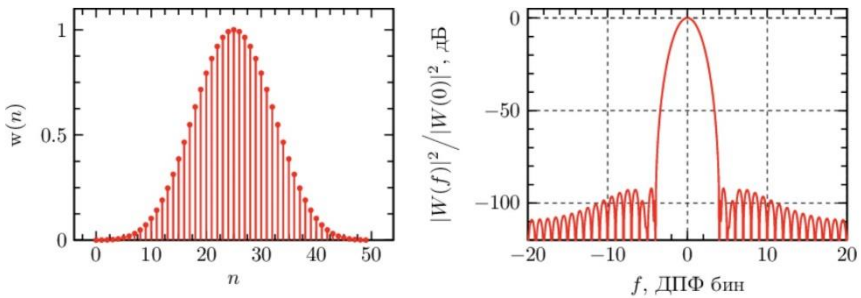


Рис. 36

- **Быстрое преобразование Фурье (БПФ)**

Быстрое преобразование Фурье – алгоритм ускоренного вычисления дискретного преобразования Фурье, позволяющий получить результат за короткий промежуток времени. Позволяет выразить длину ДПФ через определённое количество преобразований меньшей длины с помощью рекурсии, понижая таким образом сложность вычислений.

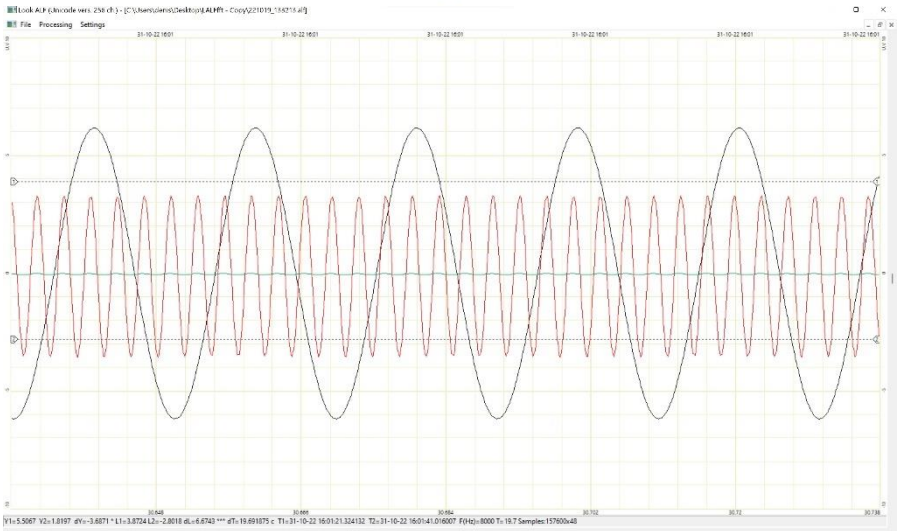
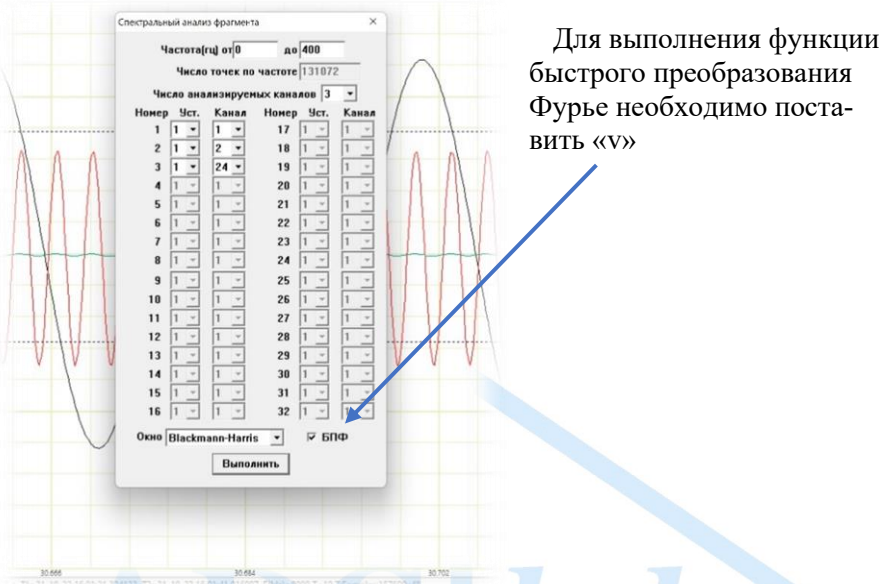


Рис. 37 Сигналы, которые необходимо обработать с помощью дискретного преобразования Фурье

www.ADClab.ru

Целесообразно использовать БПФ для вычисления большого количества каналов с продолжительным промежутком времени (необходимо выставить метки Y1, Y2). Также возможно использование БПФ при слабых вычислительных возможностях рабочего ПК.



Для выполнения функции быстрого преобразования Фурье необходимо поставить «V»

Рис 38 Использование БПФ

При использовании быстрого преобразования Фурье количество точек, раскладываемое по частоте, выставляется в автоматическом режиме. Вычисления производятся в ускоренном режиме.

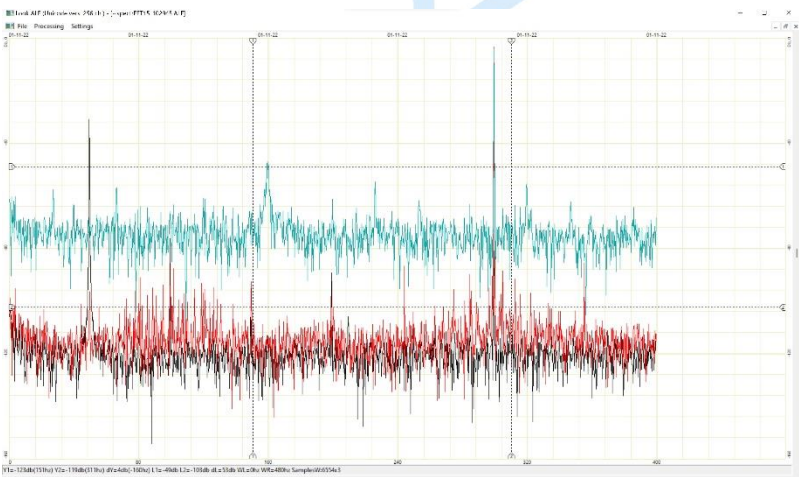


Рис. 39 Результат вычислений