

Петрозаводский государственный университет

Кафедра информационно-измерительных  
систем и физической электроники

Курс: Физические основы получения информации

**Лабораторная работа**

**Использование цифрового осциллографа GDS-71042  
для изучения периодических сигналов**

Петрозаводск, 2018

Цель работы: ознакомиться с принципом работы цифровых осциллографов, изучить основные команды языка программирования цифровых приборов SCPI, определить основные характеристики периодического сигнала.

## 1 Общие сведения

Для исследования периодических сигналов используются осциллографы. Принцип работы традиционного аналогового осциллографа показан на рис. 1а. На пластины горизонтального отклонения от специального генератора подается напряжение развертки, изменяющееся по пилообразному закону. По мере нарастания пилообразного сигнала луч на экране ЭЛТ перемещается слева направо, прочерчивая горизонтальную ось – ось времени. В то же самое время на пластины вертикального отклонения действует исследуемый сигнал, поэтому траектория луча в точности соответствует этому сигналу.

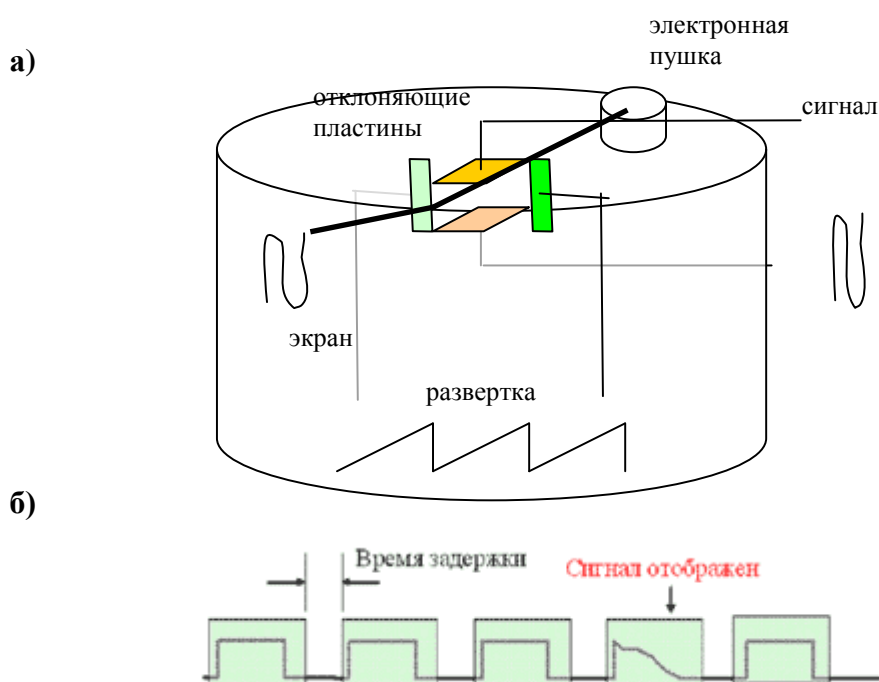


Рис.1 Принцип работы аналогового осциллографа.

На рис. 1б приведен схематический рисунок отображения сигнала аналоговым осциллографом, затененное поле обозначает область рисунка, отображаемую на экране (кадр). Задержка между кадрами составляет время обратного хода луча и регулируемую временную задержку («стабильность») запуска развертки для получения стабильной синхронизации. Это время достаточно мало по сравнению со временем развертки, и поэтому если сигнал от кадра к кадру изменяется, это изменение немедленно отображается на экране. Динамика сигнала как по вертикали, так и по горизонтали соответствует изменениям входного сигнала.

Цифровой осциллограф использует абсолютно другой принцип работы (рис. 2а). **Входной сигнал**, в размере выбранного кадра, пройдя все входные усилители и аттенюаторы поступает на АЦП, где **преобразуется в цифровую форму и поступает во внутреннюю память для дальнейшей обработки** (привязка к развертке, вывод на экран, измерение параметров и т. д.), время этой обработки достаточно велико по сравнению с временем кадра, задержка при выводе на экран получается достаточно большая, **часть информации об изменении сигнала между кадрами теряется** (рис. 2б). Это один из главных недостатков всех цифровых осциллографов. Основной способ борьбы с этим



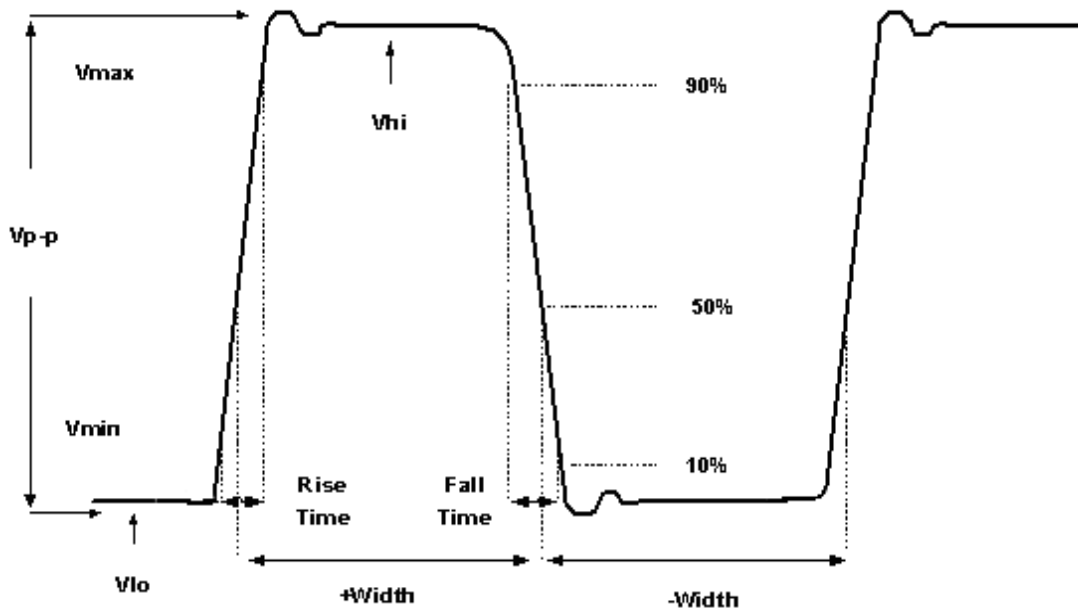


Рис.3 Основные параметры периодического сигнала.

Другая полезная особенность этого цифрового осциллографа – возможность сопряжения с компьютером через интерфейс USB. Осциллограф управляется командами языка SCPI (Simple Commands for Programmable Instruments). Язык SCPI является развитием стандарта IEEE 488.2 и включает набор команд этого стандарта в качестве подмножества.

Сообщение SCPI содержит следующие элементы: заголовок, параметр (опционально), ограничитель. Т.к. заголовки и параметры представляют собой ASCII-строки, а ограничителем может быть перевод строки, то для работы с осциллографом можно использовать любую программу-терминал. Параметры команды отделяются от заголовка пробелом и представляют собой целое или вещественное число. Заголовок – это иерархическая структура, отражающая функциональную группу команды (рис. 4).

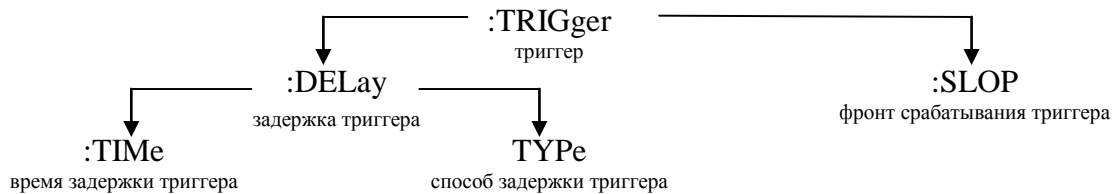


Рис.4 Пример иерархии команд.

Заголовок начинается с двоеточия, а элементы иерархии команды отделяются друг от друга также двоеточием. Команды изменения параметров работы прибора могут заканчиваться вопросительным знаком, тогда в ответ на эту команду прибор сообщает текущее значение параметра. Например:

:TRIG:DEL:TYP 100 - устанавливает задержку триггера 100 нс  
 :TRIG:DEL:TYP? - запрашивает текущую задержку триггера

Для каждой команды есть два варианта записи: полный и короткий. При описании команды принято короткий вариант выделять большими буквами, хотя для прибора регистр букв роли не играет:

:trigger:DELAY:typ?  
 :tRiG:dEl:TyPE?

Для осциллографа GDS-71042 имеются следующие иерархические группы команд:

:ACQuire – управление сбором данных,  
 :CHANnel – настройки каналов осциллографа,  
 :CURSor, :DISPlay – управление отображением на экране осциллографа,  
 :MEASure – измерение параметров входного сигнала,  
 :TIMebase, :TRIGger – временные настройки осциллографа,  
 :WMEMory – управление памятью.

Подмножество команд IEEE 488.2 не входит в иерархические группы. Эти команды начинаются с астериска:

\*IDN? – идентификация (запрос модели и версии),

\*LRN? – запрос текущих параметров.

Основные команды ветки :MEASure:

:MEASure:SOURce N	Выбор канала осциллографа (N=1 или 2)
:MEASure:FREQuency?	Частота сигнала на выбранном канале в Гц
:MEASure:PERiod?	Период сигнала на выбранном канале в секундах
:MEASure:FALL?	Длительность спадающего фронта в секундах
:MEASure:RISe?	Длительность нарастающего фронта в секундах
:MEASure:NWIDth?	Длительность отрицательного импульса в секундах
:MEASure:PWIDth?	Длительность положительного импульса в секундах
:MEASure:PDUTy?	Сквозность сигнала (в %) – отношение длительности положительного импульса к периоду
:MEASure:VHI? :MEASure:VMAX?	Максимальное значение напряжения
:MEASure:VLO? :MEASure:VMIN?	Минимальное значение напряжения
:MEASure:VAMPlitude? :MEASure:VPP?	Амплитуда сигнала (разница между максимальным и минимальным значением)
:MEASure:VAVerage?	Среднее значение напряжения

Для изменения масштаба по оси времени следует использовать команду :TIMebase:SCALe. В форме запроса (вопр. знак в конце команды) команда выдает текущее значение масштаба. Для установки масштаба в качестве параметра указывается количество секунд на одно деление. Допустимые значения:

1E-9, 2.5E-9, 5E-9, 10E-9, 25E-9, 50E-9, 100E-9, 250E-9, 500E-9,  
 1E-6, 2.5E-6, 5E-6, 10E-6, 25E-6, 50E-6, 100E-6, 250E-6, 500E-6,  
 1E-3, 2.5E-3, 5E-3, 10E-3, 25E-3, 50E-3, 100E-3, 250E-3, 500E-3,  
 1, 2.5, 5, 10.

## 2 Порядок работы

**Без преподавателя или инженера осциллограф не трогать!!!**

1. Ознакомьтесь с описанием осциллографа и его системой команд.
2. При помощи терминальной программы (Пуск > Программы > Стандартные > Связь > HyperTerminal) подключитесь к осциллографу. Для этого в свойствах подключения (Меню Файл > Свойства) выберите указанный преподавателем COM-порт и настройте его: скорость – 38400, биты – 8, четность – нет, стоповые биты – 1, управление потоком – нет. На второй вкладке диалогового окна «Свойства» выбрать «Параметры ASCII» и включить галочку «Отображать введенные символы на экране». На рабочем столе может быть ярлычок “GDS-71042”, содержащий подходящие настройки для HyperTerminal.
3. Успешность подключения можно проверить командой \*IDN?, в ответ на которую осциллограф сообщит свою марку и версию. Запишите эти сведения.
4. С помощью команд SCPI для указанного преподавателем сигнала получите значения частоты, периода, времени нарастания, времени спада, скважности импульсов, длительности импульсов (положительной и отрицательной), максимального и минимального значения амплитуды, размаха от пика до пика (см. команды из таблицы «Основные команды ветки :MEASure»). Запишите, какие команды вы использовали для получения этих значений. Для статистической обработки повторите измерения не менее 5 раз. Проведите статистическую обработку результатов измерений (см. приложение). Перед выполнением команд не забудьте выбрать канал осциллографа:  
:measure:source 1 - для первого канала  
:measure:source 2 - для второго канала
5. Постройте в электронных таблицах график сигнала **с соблюдением временного масштаба**. Для этого завершите программу HyperTerminal и запустите программу FreeWave:

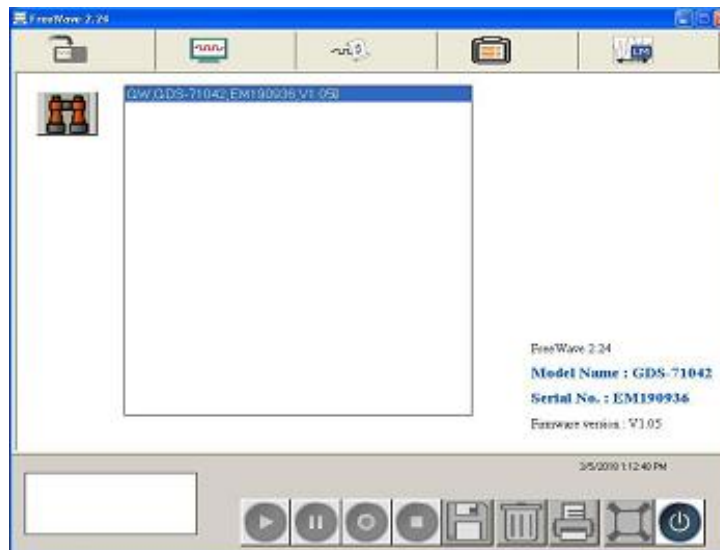


Рис.5 Окно программы FreeWave.

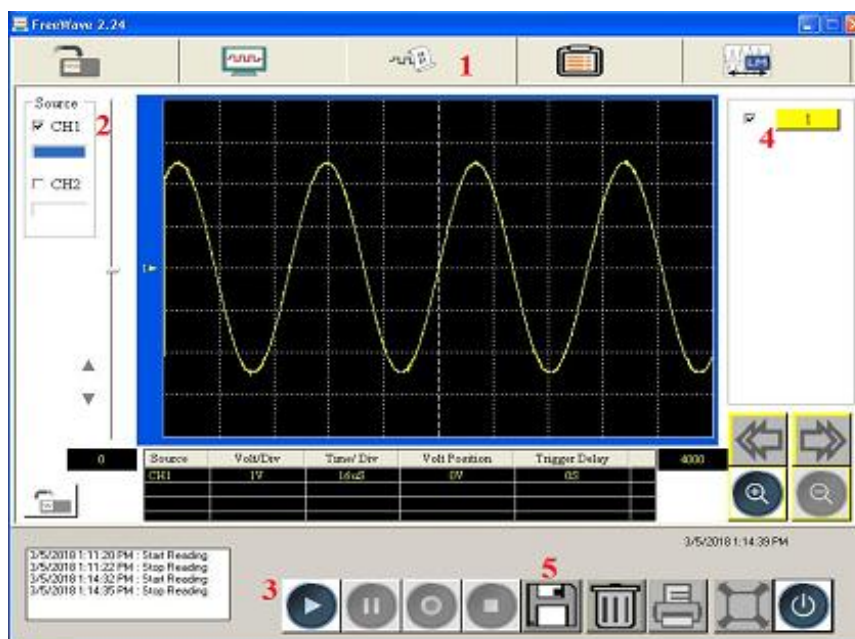


Рис.6 Окно программы FreeWave.

Переключитесь на третью вкладку (на рисунке 6 показана цифрой 1), выберите используемый вами канал (на рисунке 6 показан цифрой 2), нажмите кнопку воспроизведения (на рисунке 6 показана цифрой 3). После этого начнётся чтение данных из памяти осциллографа. По результатам переданных данных автоматически по точкам (отсчетам) будет построен график сигнала. Вам необходимо сохранить массив полученных отсчетов (4000 точек) в формате \*.csvs. Выберите для сохранения необходимый график (на рисунке 6 показано цифрой 4) и нажмите кнопку сохранения (на рисунке 6 показана цифрой 5).

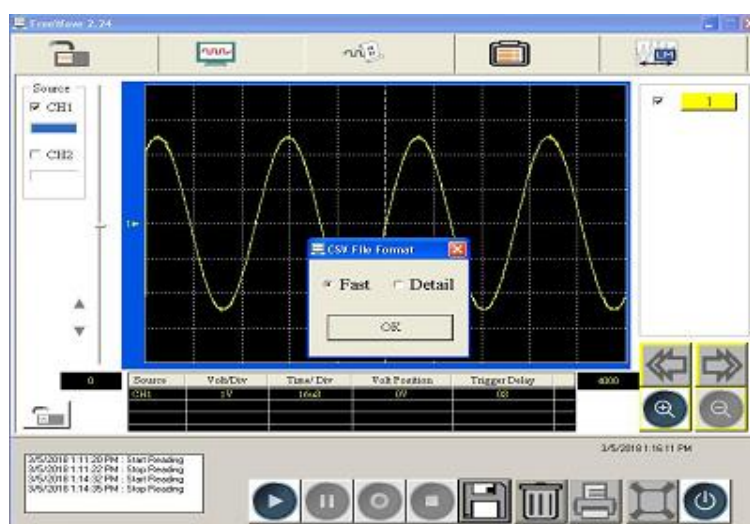


Рис.7 Окно программы FreeWave.

Во время сохранения данных выберите режим «Fast» (рис.7). Далее используйте электронные таблицы для построения и обработки данных. Приложите график к отчету (см. приложение).

б. При подготовке отчета следуйте шаблону в приложении. Отчет сдаётся преподавателю в распечатанном виде. Отчет не должен быть мятым или грязным!

## Приложение

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"  
Кафедра информационно-измерительных систем и физической электроники

**ТЕМА**{название л/р}

Отчет по лабораторной работе

Выполнил: студент X курса  
физико-технического факультета,  
гр.ХХХХХ  
Ххххх Ххххх Ххххх

Преподаватель:  
доцент, к.ф.-м.н.,  
Ххххх Ххххх Ххххх

Петрозаводск 2018



Тема: {впишите тему}

Цель работы: {впишите цель выполняемой лабораторной работы}

**Приборы, принадлежности, программное обеспечение:**

{перечислите использованные приборы, принадлежности, программное обеспечение}  
{выделенные курсивом комментарии вставлять в отчет НЕ НУЖНО}

**Ход работы:**

{студент описывает предпринимаемые действия для достижения сформулированной цели}  
{выделенные курсивом комментарии вставлять в отчет НЕ НУЖНО}

**Таблицы результатов измерений и расчетов для синусоидального сигнала**

Параметр сигнала: частота сигнала						
Номер измерения	$X_i$ , ед. изм.	$\bar{X}$ , ед. изм.	$\Delta X = X_i - \bar{X}$ , ед. изм.	$(\Delta X_i)^2$ , ед. изм.	$S_{\bar{X}}$ , ед. изм.	$\Delta X = S_{\bar{X}} \cdot t_{\alpha, n}$ , ед. изм.
1						
2						
3						
4						
5						

{“ед. изм.” замените везде на реальные единицы измерения, т.е. из эксперимента}

Для статистической обработки воспользуемся формулами и обозначениями:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \text{ - среднее значение измеренной величины.}$$

n – количество измерений {у вас n=5},  $X_i$  - результат i-го измерения.

$$\Delta X_i = X_i - \bar{X} \text{ - абсолютная погрешность.}$$

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} \text{ - средняя квадратическая ошибка.}$$

$$\Delta X = S_{\bar{X}} \cdot t_{\alpha, n} \text{ - точность измерения.}$$

$\alpha$  - надежность {в лабораторных условиях обычно достаточно надежности 0.9}.

$t_{\alpha, n}$  - коэффициент Стьюдента. Для числа измерений n=5 и доверительной вероятности (надежности)  $\alpha = 0.9$  коэффициент Стьюдента  $t_{\alpha, n} = 2.13$ .

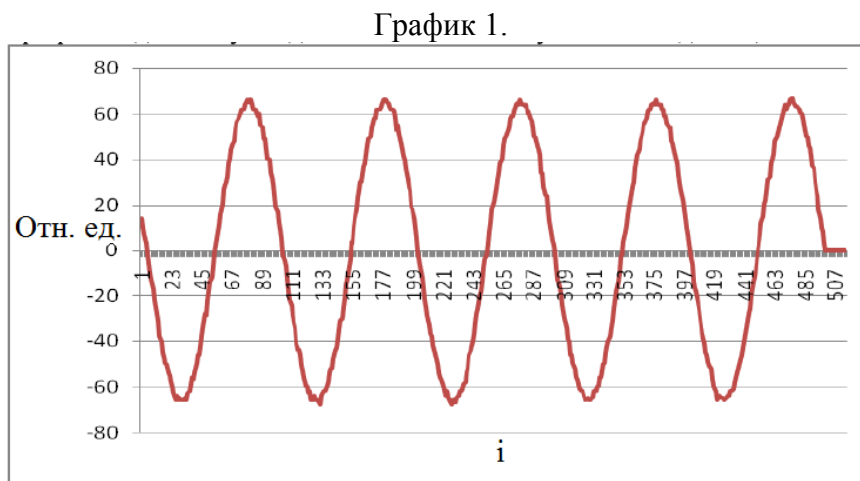
{Теперь можно записать доверительный интервал для истинного значения измеренной величины:  $X = \bar{X} \pm \Delta X$  или  $\bar{X} \pm \Delta X$ }.  
{Все перечисленные выше формулы приводятся в отчете один раз!}

Итог: с заданной вероятностью  $\alpha = 0.9$  (или 90%) истинное значение частоты сигнала находится в интервале  $X = \bar{x} \pm \Delta x$  (ед. изм.) {подставьте вычисленные значения и ед. измерения}.

{В отчете аналогичные таблицы должны быть для параметров вашего сигнала: частота сигнала, период сигнала, длительность спадающего фронта, длительность нарастающего фронта, длительность отрицательного импульса, длительность положительного импульса, скважность сигнала, максимальное значение напряжения, минимальное значение напряжения, амплитуда сигнала (разница между максимальным и минимальным значением), среднее значение напряжения}.

{По отсчетам, полученным с осциллографа (см. “Порядок работы п.5”), постройте график сигнала. Предварительно по прочитанным с осциллографа данным вы сможете построить график, где по оси “X” будет просто порядковый номер каждой точки на графике (т.е. не время) – всего 4000 точек, а по оси “Y” – относительные единицы (не напряжение!). Это не ошибка осциллографа или программы. В файл скидываются данные в относительных единицах по оси “Y” (они получаются в результате оцифровки изучаемого вами сигнала), а по оси “X” мы вообще пока можем отложить только порядковый номер точки (1, 2, 3 и т.д.). Ещё раз – в общем случае полученные с осциллографа относительные единицы не соответствуют реальному значению сигнала по оси “Y” и требуют соответствующего масштабирования для привязки к напряжению и времени.

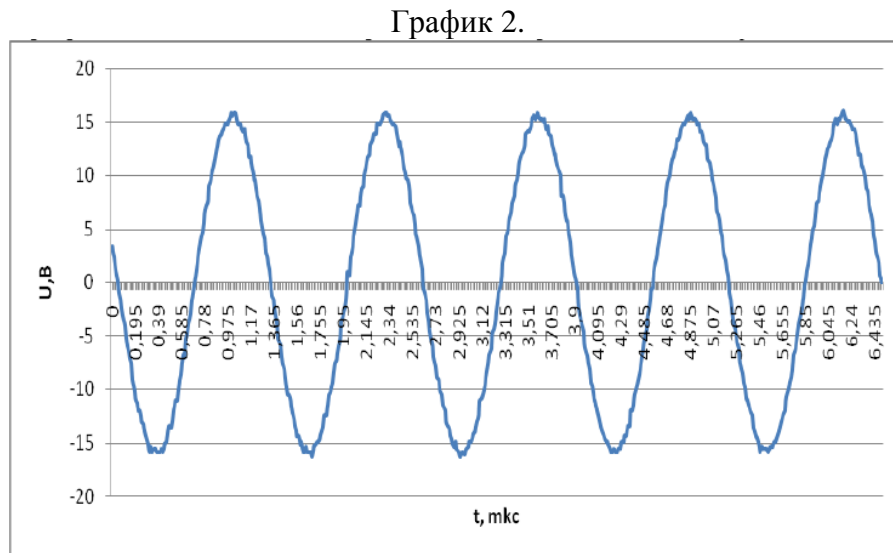
Для построения и обработки графиков используйте электронные таблицы}. Пример графика (в вашем случае значения по оси “Y” могут существенно отличаться от примера):



Пример графика синусоидального сигнала в относительных единицах измерения.

{Теперь вам необходимо построить график сигнала в реальных единицах. По оси “X” должно быть время, а по оси “Y” – напряжение. Для этого нужно найти масштабирующий коэффициент для каждой оси. Из графика 1 можно найти, сколько точек приходится на один период сигнала. При этом длительность периода (в секундах) вам известна из эксперимента. Делим период сигнала на количество точек в периоде и получаем “время, приходящееся на одну точку”. Если теперь номер каждой точки по оси “X” домножить на полученный коэффициент, то ось “X” станет показывать время. Не забудьте на новом графике подписать новые единицы измерения. Аналогичную процедуру нужно проделать с осью “Y”. Амплитуда сигнала в вольтах известна из эксперимента, а

в относительных единицах из графика 1. Делим амплитуду в вольтах на амплитуду в относительных единицах и получаем коэффициент “вольт на одну относительную единицу”. Домножаем относительные единицы по оси “У” на полученный коэффициент и задача решена – по оси “У” будет напряжение в вольтах}. Пример пересчитанного графика:



Пример графика синусоидального сигнала в реальных единицах измерения.

На вашем графике 2 схематично покажите найденные характеристики сигнала (см. рис.3 “Основные параметры периодического сигнала”): период сигнала, длительность спадающего фронта, длительность нарастающего фронта, длительность отрицательного импульса, длительность положительного импульса, максимальное значение напряжения, минимальное значение напряжения, амплитуду сигнала.

*{Приложите к отчету полученный график (график в реальных единицах).}*

**Вывод по проделанной работе:** *{вывод формулируется по цели работы}*