

При измерении какой-либо физической величины применяется датчик, чувствительный к данной физической величине и преобразующий её в электрическую величину, измеряя которую мы судим об измеряемой физической величине. Цепочка преобразований в измерительной системе может быть достаточно длинной, но конечном итоге измерение сводится к измерению электрического напряжения. Ввод данных в ЭВМ также производится в виде импульсов напряжения. Поэтому, с одной стороны мы должны обеспечить правильность работы датчика, (чтобы полученный электрический сигнал верно отражал значение или изменения измеряемой физической величины) и с другой стороны – правильность измерения и преобразования электрического сигнала. Следует отметить, что помимо измерительного сигнала, электрические измерения необходимы при создании и эксплуатации всех вспомогательных узлов и систем измерительного комплекса.

Поэтому основой измерений в экспериментальной физике являются электрические измерения. Только после освоения работы с электроизмерительными приборами можно приступать к работе с датчиками и производить измерения различных физических величин.

Лабораторная работа №1. Ознакомление с основными электроизмерительными приборами

1. Тестер (Multimeter)

Тестер (мультиметр) —измерительный прибор, объединяющий в себе несколько функций. В минимальном наборе это вольтметр, амперметр и омметр. Существуют цифровые и аналоговые (стрелочные) мультиметры.

Мультиметр может быть как лёгким переносным устройством, используемым для базовых измерений и поиска неисправностей, так и сложным стационарным прибором с множеством возможностей.

В настоящее время цифровые мультиметры являются наиболее распространёнными, простыми в эксплуатации и многофункциональными. В цифровых мультиметрах электрическая величина преобразуется с помощью АЦП в десятичный код, который высвечивается на электронном табло (чаще всего ЖК).

Простейшие цифровые мультиметры имеют разрядность 2,5 десятичных разряда (точность обычно около 10 %). Наиболее распространены приборы с разрядностью 3,5 (точность обычно около 1,0 %). Выпускаются также приборы с разрядностью 4,5 (точность обычно около 0,1 %) и выше.

Разрядность цифрового измерительного прибора, например, «3,5» означает, что дисплей прибора показывает 3 полноценных разряда, с диапазоном от 0 до 9 каждый, и 1 разряд — с ограниченным диапазоном. Так, прибор типа «3,5 разряда» может, например, давать показания в пределах от **0,000** до **1,999**. При выходе измеряемой величины за эти пределы требуется переключение на другой диапазон (ручное или автоматическое).

Количество разрядов не определяет точность прибора. Точность измерений зависит от точности АЦП, от точности, термо- и временной стабильности применённых

радиоэлементов, от качества защиты от внешних наводок, от качества проведённой калибровки. К цифровым приборам должна прилагаться специальная инструкция, в которой указывается, как должны рассчитываться погрешности, формулы для расчетов довольно сложные. Если такой инструкции нет, целесообразно в качестве абсолютной погрешности прибора принять единицу последнего разряда в показаниях. Например, если прибор показывает 4,5, то результат следует записать в виде: $4,5 \pm 0,1$

В некоторых мультиметрах имеются дополнительные функции:

- Прозвонка — измерение электрического сопротивления со звуковой (иногда и световой) сигнализацией низкого сопротивления цепи (обычно менее 50 Ом).
- Генерация тестового сигнала простейшей формы (гармонической или импульсной).
- Тест диодов — проверка целостности полупроводниковых диодов и измерение их «прямого напряжения».
- Тест транзисторов — проверка полупроводниковых транзисторов и, как правило, нахождение их параметра $h_{21э}$
- Измерение электрической ёмкости.
- Измерение индуктивности.
- Измерение температуры, с применением внешнего датчика.
- Измерение частоты гармонического сигнала.

Есть тестеры с интерфейсом для подключения к компьютеру. Такой тестер даёт возможность проведения серии измерений с запоминанием и обработкой данных при помощи компьютера.



Рис 1. Простейший карманный тестер Вольт-Омметр с кнопочным управлением и автоматической установкой предела измерения.

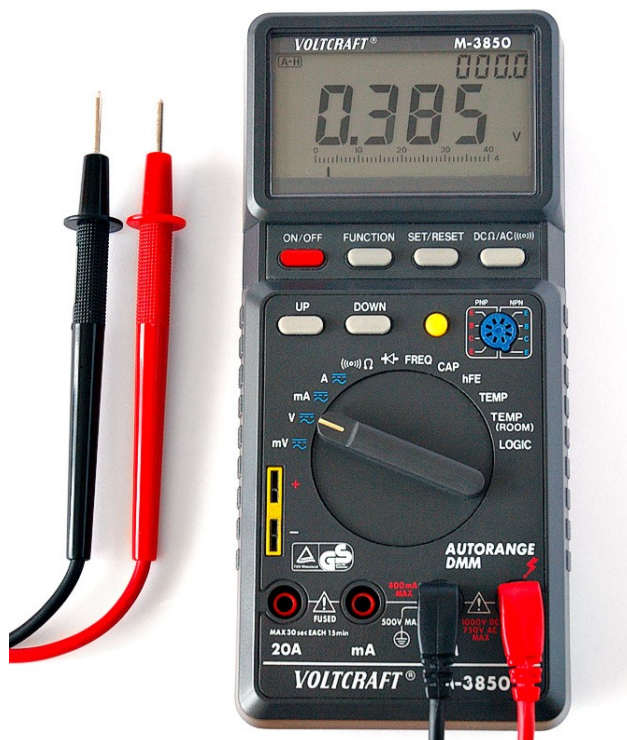


Рис.2. Портативный тестер с максимальным набором функций и интерфейсом RS 232.

Задание 1. Ознакомление и работа с простейшим тестером типа DT9205A
ПРИБОРЫ: тестер, аккумулятор, сетевой адаптер, набор резисторов, многожильный кабель.

- Записать, какие измерения производит данный тестер.
- Выписать диапазоны измерения для какого-либо одного вида измерения
- Измерить и записать напряжение сети
- Измерить и записать напряжение аккумулятора
- Измерить сопротивление резисторов
- Определить обрыв жилы в кабеле

Задание 2. Набор измерительных данных с помощью тестера типа TENMA72-7745
ПРИБОРЫ: тестер TENMA72-7745, оптоволоконный соединительный кабель для интерфейса RS 232 многожильный кабель.

1. Соединить тестер с компьютером с помощью кабеля через порт RS 232.
2. Установить тестер в режим измерения напряжения,
3. Запустить программу 72-7745 Interface для набора данных.
4. Установить порт на COM4.
5. Измерительные щупы тестера расположить на максимальном расстоянии друг от друга для измерения случайных наводок.
6. Включить виртуальный тестер и набрать данные в течение нескольких минут.
7. Сохранить Excel-файл данных в компьютере.
8. Построить график временного ряда измерений.
9. Рассчитать среднее значение и стандартное отклонение ряда данных.

2. Осциллограф (Oscilloscope)

Осциллограф — прибор, предназначенный для наблюдения, записи, а также измерения амплитудных и временных параметров электрического сигнала в реальном времени. Современные осциллографы выпускаются в различном исполнении – цифровые и аналоговые, лучевые и с ЖК экраном, а также с широким набором параметров, числа каналов, функций и интерфейсов. Число каналов показывает, сколько различных сигналов можно одновременно наблюдать и обрабатывать.

В цифровых осциллографах значения сигнала отсчитывается в отдельные моменты времени с определённым периодом. Максимальное число отсчётов в секунду указывается на осциллографе. Например, 1GS/s означает 1 Гигаотсчёт в секунду, то есть 10^9 отсчётов в секунду. Каждый отсчёт с помощью АЦП представляется цифрой, которая определяет положение точки на ЖК экране по вертикали. Положение точки на экране по горизонтали определяется моментом времени, когда данный отсчёт получен. Точки, соответствующие последовательности отсчётов, описывают кривую временного изменения сигнала. Таким образом, мы получаем картину временного изменения сигнала и одновременно последовательность цифр, которая может быть записана, обработана или передана в компьютер для дальнейшей обработки.

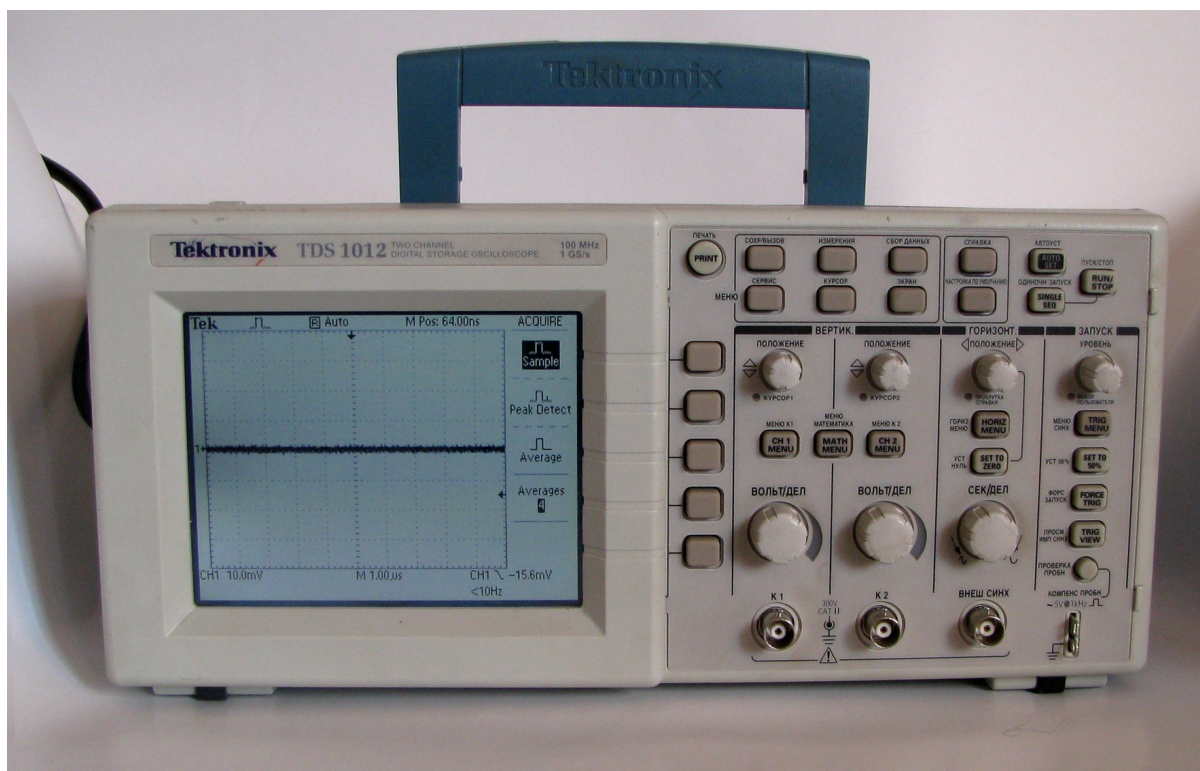


Рис. 3. Портативный 2-канальный цифровой запоминающий осциллограф «Tektronix TDS1012»

Приёмы работы с различными осциллографами мало отличаются. Для получения осциллограммы требуется правильно выбрать:

- Чувствительность канала (ВОЛЬТ/ДЕЛ) для получения обозримого размера по вертикали и возможности измерения амплитудных характеристик сигнала
- Параметры временной развёртки (СЕК/ДЕЛ) для получения достаточно детального изображения изменений сигнала и возможности измерения временных характеристик сигнала
- Тип и параметры запуска (синхронизации) для получения устойчивого изображения процесса или одиночного импульса

Следует отметить, что при одновременном наблюдении нескольких сигналов временная шкала для всех одинакова, тогда как масштаб (чувствительность) по вертикали можно устанавливать произвольно.

Задание 2.1. Ознакомление с осциллографом «Tektronix TDS1012».

ПРИБОРЫ: осциллограф «Tektronix TDS1012»

- Подключить осциллограф к сети и включить.
- Ознакомиться с меню первого канала МЕНЮ К1. Записать функции меню
- Ознакомиться с МЕНЮ МАТЕМАТИКА и записать его функции
- Ознакомиться с меню развёртки – ГОРИЗ. МЕНЮ
- Ознакомиться с меню запуска МЕНЮ СИНХ. и записать его функции

Задание 2.2. Работа с осциллографом «Tektronix TDS1012».

Для освоения работы с осциллографом в качестве источника исследуемого сигнала используем генератор импульсов, представленный на Рис. 4.



Рис. 4. Генератор импульсов Г5-54

ПРИБОРЫ: осциллограф «Tektronix TDS1012», пробник, соединительный кабель с разъёмами CP50 (BNC), генератор импульсов.

- Подключить осциллограф к сети и включить.
- Соединить вход К1 осциллографа с выходом функционального генератора
- Установить функциональный генератор в режим прямоугольных импульсов
- Установить частоту генератора 10 кГц, длительность импульсов 10 мкс и амплитуду 0.5 В.
- Получить изображение импульсной последовательности на экране осциллографа в режиме ждущей (Normal) внутренней синхронизации от К1 (CH1).
- Получить изображение импульсной последовательности на экране осциллографа в режиме ждущей (Auto) внутренней синхронизации от К1 (CH1).
- Измерить амплитуду и длительность импульсов, и период последовательности.
- Изменяя задержку на генераторе, убедитесь, что осциллограмма не меняется. Объяснить - почему.
- Подсоединить выход синхронизации генератора ко входу внешней синхронизации осциллографа.
- Получить изображение импульсной последовательности на экране осциллографа в режиме ждущей (Normal) внешней (Ext) синхронизации.
- Изменяя задержку на генераторе, убедитесь, что осциллограмма смещается. Измерить задержку импульсов относительно синхроимпульсов с помощью осциллографа

3. Изучение отражений в кабеле и роли согласования нагрузки.

Приборы: Тестер, осциллограф, источник питания, генератор сигналов, соединительные кабели, тройники, согласованные нагрузки 50 Ом, резисторы.

Если длина кабеля такова, что время прохождения соизмеримо с длительностью импульса сигнала или больше неё, то отражение в кабеле может исказить форму сигнала. В этом случае необходимо на концах кабеля обеспечить согласованное активное сопротивление, равное волновому сопротивлению кабеля. В профессиональной аппаратуре обычно

применяется кабель с волновым сопротивлением $\rho=50\Omega$, так что согласованное активное сопротивление $R=50\Omega$.

Задание 3.1. Наблюдение отражений в кабеле.

ПРИБОРЫ: осциллограф «Tektronix TDS1012», пробник, длинный соединительный кабель с разъёмами CP50 (BNC), короткий соединительный кабель с разъёмами CP50, функциональный генератор, тройник CP50, нагрузка 50Ω с разъёмом.

- Подключить тройник к выходу функционального генератора.
- Подключить к одному плечу тройника длинный кабель.
- Подключить ко второму плечу тройника вход осциллографа с помощью короткого кабеля.
- Установить на функциональном генераторе режим прямоугольных импульсов с длительностью 100нс и периодом 1мкс .
- Наблюдать сигнал на осциллографе при нагрузке 50Ω на конце длинного кабеля и зарисовать осциллограмму.
- Наблюдать сигнал на осциллографе при разомкнутом конце длинного кабеля и зарисовать осциллограмму.
- Объяснить разницу сигналов в двух рассмотренных случаях.

Задание 3.2. Измерение диэлектрической проницаемости ϵ материала кабеля.

ПРИБОРЫ: осциллограф «Tektronix TDS1012», пробник, длинный соединительный кабель с разъёмами CP50 (BNC), короткий соединительный кабель с разъёмами CP50, функциональный генератор, тройник CP50, измерительная рулетка.

- Собрать схему, описанную в задании 3.1.
- Измерить длину кабеля L .
- Измерить с помощью осциллографа задержку τ между прямым и отражённым импульсами.
- Учитывая, что отражённый импульс проходит расстояние, равное удвоенной длине кабеля, рассчитать скорость распространения импульса в кабеле $V_{\text{ЭИ}}$.
- Учитывая, что скорость распространения импульса в кабеле связана с диэлектрической проницаемостью ϵ материала кабеля соотношением $V_{\text{ЭИ}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$, где c - скорость света в вакууме, найти ϵ .
- Определить погрешность измерения каждой из измеренных величин δ_τ, δ_L , и вычислить погрешность δ_ϵ определения диэлектрической проницаемости.