МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ   
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

**Крутских В.В.**

**СБОРНИК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по курсу**

**«МЕТРОЛОГИЯ И ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ»**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 1-7**

Методическое пособие   
по курсу   
«Метрология и радиоизмерения*»*

для студентов, обучающихся  
 по направлению « *\_\_\_\_\_\_\_*»

**Москва МЭИ 2015**

УДК

621.396

K 227

##### Утверждено учебным управлением МЭИ

*Подготовлено на кафедре основ радиотехники*

Рецензент:

Крутских В.В.

Метрология и радиоизмерения

Лабораторно-практические работы №1- 7: методическое пособие / Крутских В.В. – М.: МЭИ, 2015. –30 с.

Содержит описания лабораторных работ по курсу "ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ", которые кафедра Основ радиотехники ведет на ряде специальностей Инженерно-экономического института НИУ «МЭИ».

В представленных лабораторных работах изучаются принципы цифровой схемотехники..

Пособие предназначено для студентов Инженерно-экономического института и «Радиотехнического факультета» НИУ «МЭИ».

Продолжительность лабораторных или лабораторно-практических занятий – 2 часа.

© НИУ «МЭИ», 2015

# Предисловие

Переход на новое оборудование требует от инженеров и техников освоения методов работы с новыми приборами и понимания процессов протекающих при измерении различных электрических величин. Очень часто, специалист владеющий цифровой техникой не в состоянии объяснить полученные на экране результаты. Как правило, ошибки в трактовке результата, а иногда и собственно в результатах измерения возникают из-за неправильно выбранной методики измерения и обработки. Поэтому, **основной** **целью данного сборника является не столько обучение работе с приборами, сколько понимание физических принципов и методики измерения значений различных параметров электрических величин, их оценки и понимания причины возникновения погрешности**.

Данный курс лабораторных работ был разработан на кафедре Основ радиотехники национального исследовательского университета «МЭИ» при поддержке компании National Instrument. В данный сборник вошли лабораторные работы максимально приближенные к реальным задачам инженера. Данные работы являются логическим продолжением, проводимых на кафедре лабораторных работ в течении многих лет для студентов обучающихся по направлениям «Радиотехника», «Биотехнические аппараты приборы и системы», «Комплексные системы безопастности».

В данном сборнике лабораторные работы отличаются от традиционных тем, что обучающийся не обязан выполнить все пункты задания, а может выполнить только часть, при этом обучающийся знает, на какой уровень он претендует. В целом можно сказать: уровень ***удовлетворительно*** – показывает умение пользоваться измерительным прибором, уровень ***хорошо*** – указывает на умение не только провести измерения, но и оценить погрешность и учесть погрешность метода измерения, а уровень ***отлично*** – показывает наличие навыка программирования прибора для заданной измерительной задачи.

**При подготовке к работе требуется основательно проработать вопросы домашнего задания, иначе далеко не все пункты удасться выполнить в лаборатории. Литература, приведенная в конце сборника, окажет существенную помощь при подготовке к работе**. **Также потребуются инструкции приборов, которые можно взять на сайте производителя.**

Работа рассчитана на 2 академических часа, без учета опроса и коллоквиума.

# Описание лабораторного стенда

В лабораторной работе используется модульное оборудование PXI компании National Instruments. Ввиду различия комплектности оборудования в различных лабораториях будем опираться на стандартную для лаборатории сборку: крейт – PXI-1033 (или более современный аналог), мультиметр – PXI-4072, осциллограф – PXI-51xx, генератор – PXI-54xx, блок питания – PXI-41xx.

Также в лабораторной работе используется стенд со стандартным набором сопротивлений, конденсаторов, индуктивностей, диодов и элементов питания. На рисунке 1 представлен внешний вид панели стенда. Коммутация элементов осуществляется проводниками типа мини Banana диаметром 2,5мм. Подключение измерительных приборов осуществляется специальным кабелем, который поставляется в комплекте со стендом.

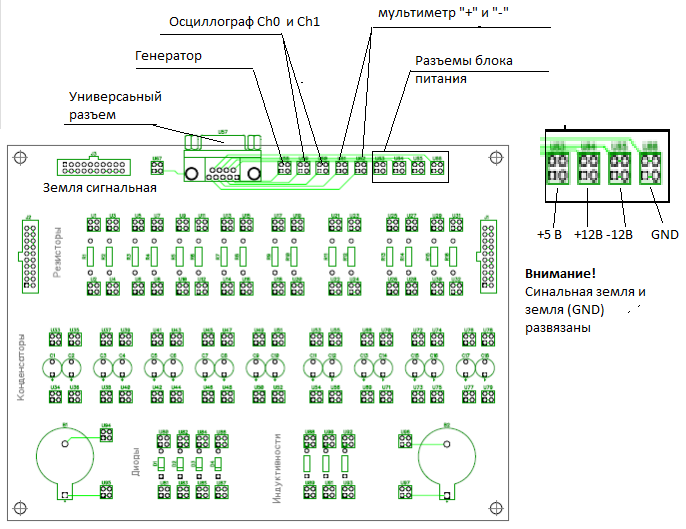


Рис. 1. Панель лабораторного стенда

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Основы Labview

**Цель работы:** Приобрести навыки работы и программирования в системе Labview. Данный навык потребуется при выполнении последующих лабораторных работ.

**Лабораторное задание**

1. Запустите программу LabView.
2. Ввод и вывод данных (**Control, Constant, Indicator**).
   1. Создайте новый VI файл. (**ВП- виртуальный прибор**).
   2. На панель виртуального прибора (см. рис.1.1.) установите тумблер и светодиод (панель Control\Modern\Boolean). Соедините проводом . Запустите программу. Переключая тумблер убедитесь, что светодиод меняет состояние.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис.1.1.** Ввод данных различных типов. а‑ передняя панель прибора; б – схема прибора. | |

* 1. На панель виртуального прибора (см. рис.1.1.) установите числовое поле ввода и индикатор (панель Control\Modern\Numerik). Соедините проводом. Запустите программу. Изменяя значения убедитесь, что светодиод меняет состояние.
  2. На панель виртуального прибора (см. рис.1.1.) установите Ручку и шкальный прибор. (панель Control\Modern\Numerik). Соедините проводом. Запустите программу. Изменяя значения убедитесь, что светодиод меняет состояние.

|  |
| --- |
|  |
| **Рис. 1.2.** Установка типов численных данных |

* 1. Как показано на рисунке 1.2. измените тип данных с Double на Unsigned Integer. **Обратите внимание** на то, что все провода в данной цепи сменили цвет, и в свойствах индикатора. А в меню свойств индикатора появилась возможность менять формат вывода в двоичную, десятичную и шестнадцатеричную форму записи числа.

1. **Работа с массивами(*array*)[[1]](#footnote-1).**

|  |
| --- |
| Чтобы создать массив требуется :   1. *вынести элемент «блок массива» на лицевую панель прибора из панели инструментов* ***Control\Modern\Array&matrix& Structure;*** 2. *выбрать тип элементов массива, для этого на установленную ранее панель массива вынесите элемент из панели* ***Control\Modern\xxx*** *соответствующие типу ваших данных*. |

* 1. Откройте новый VI-файл.
  2. Создайте массив действительных чисел поле ввода и индикатор рис.1.3.а. соедините проводом. Проверьте работоспособность.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис.1.3.** Массивы. а - панель прибора, б – схема | |

* 1. Определите размерность массива, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Array Size*** из *панели Functions\Programming \Array.* Соедините проводами (см. рис. 1.3.б.) На выходе функции поставьте числовой индикатор. Проверьте работоспособность.
  2. Выберите заданный элемент массива, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Index Array*** из *панели Functions\Programming\Array.* Соедините проводами (см. рис. 1.3.б.). На входе установите числовое поле ввода – «номер элемента», а на выходе функции поставьте числовой индикатор. Проверьте работоспособность.
  3. Выберите массив элементов начиная с заданного известной длинны из выше созданного массива, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Index Subset*** из *панели Functions\Programming\Array.* Соедините проводами (см. рис. 1.3.б). На входе установите числовые поля ввода начального элемента и длины выборки, а на выходе функции поставьте числовой индикатор. Проверьте работоспособность.

1. **Работа со структурами[[2]](#footnote-2) (*Structure*).**

|  |
| --- |
| Чтобы создать структуру требуется :   1. *вынести элемент блок структуры на лицевую часть прибора из панели* ***Control\Modern\Array&matrix&Structure;*** 2. *выбрать тип элементов массива, для этого на установленную ранее панель массива вынесите элемент из панели Control\Modern\xxx соответствующие типу ваших данных*. |

* 1. Откройте новый VI-файл.
  2. Создайте структуру данных, содержащую три поля: ***числовое, логическое и текстовое.*** Установитеполя ввода и индикатор данной структуры (рис.1.4.а.) соедините их проводом. Проверьте работоспособность.
  3. Проведите извлечение данных из структуры, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Unbundle*** из *панели Functions\Programming\Cluster.* Соедините проводами (см. рис. 1.4.б). На выходе функции поставьте соответствующие индикаторы. Проверьте работоспособность.
  4. Проведите сбор данных в структуру, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Bundle*** из панели *Functions\Programming \Cluster.* Соедините проводами (см. рис. 1.4.б). На входе функции поставьте соответствующие поля ввода. Проверьте работоспособность.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис. 1.4**. Структуры. а- панель прибора; б – схема | |

1. **Ветвления (*If, case select*).**
   1. Откройте новый VI-файл.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис. 1.5**. Ветвление. а- панель прибора; б – схема. | |

* 1. Создайте прибор: *тумблер включен - горит один индикатор, выключен - другой*, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Case Structure*** из *панели Functions\Programming\Structures.* Установите переключатель “тумблер” и два LED индикатора на панель прибора. Соедините проводами (см. рис. 1.5.б). На входе функции установите соответствующие поля ввода. Проверьте работоспособность.
  2. Создайте прибор: *выбирая в поле со списком пункт, выведите в текстовое поле сообщение* , для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Case Structure*** из *панели Functions\Programming \Structures.* Установите поле со списком на панель прибора и индикатор. В свойствах поля со списком заполните список вариантов. Соедините проводами (см. рис.1.5.б). Зайдите в свойства структуры и укажите соответствующие условия равные по значению индексам поля со списком. В каждом новом варианте установите константу текстового типа с сообщением о конкретном выборе. Проверьте работоспособность.

1. **Циклы (*for, while*)**
   1. Откройте новый VI-файл.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис. 1.6**. Цикл FOR (конечный). а- панель прибора; б – схема. | |

* 1. В цикле заполните массив набором натуральный чисел от *0* до *N*, домножив каждый элемент на некоторое произвольное число *A,* для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***For Structure*** из *панели Functions\Programming\Structures.* Установите два числовых поля ввода и индикатор (числовой массив) на панель прибора. Соедините проводами (см. рис. 1.6.б). Одно поле ввода подключите к полю N цикла , второе поле подключите к первому входу блока умножения. Второй вход блока умножения подключите к счетчику цикла ***i.*** Выделив входы данных и выходы, определите их тип: *переменная или массив*. Проверьте работоспособность.
  2. Изменяя тип выходных данных и индикатор, убедитесь в различии результатов.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис. 1.7.** Цикл WHILE (бесконечный). а- панель прибора; б – схема | |

* 1. Исследуйте принцип работы ***туннеля,*** для этого решите задачу: просуммировать все целые числа от *0*до *N*. Добавьте туннель на блок цикла при помощи правой клавиши и блок суммирования. Первый вход блока суммирования подключите к счетчику итераций цикла ***i***, а второй ко входу туннеля выход сумматора подключите к выходному порту туннеля. Добавьте индикатор и подключите его к выходу туннеля. Проверьте работоспособность.
  2. Выведите число равное состоянию счетчика бесконечного цикла, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***While Structure*** из *панели Functions\Programming\Structures.* Установите индикатор на панель прибора, подключив его к счетчику итераций. Соедините проводами (см. рис. 1.7.б). Создайте кнопку СТОП. Проверьте работоспособность.
  3. Добавьте в цикл задержку по времени, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***Wait*** из *панели Functions\ Programming\Timing* и создайте поле ввода длительности задержки. Изменяя время задержки убедитесь, что цикл стал работать медленнее.

1. Графики.
   1. Откройте новый VI-файл.

|  |  |
| --- | --- |
| **а** | **б** |
| **Рис.1.8**. Построение графика типа Waveform Chart.  а- панель прибора; б – схема. | |

* 1. Постройте осциллограмму гармонического сигнала от времени, для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***While Structure*** из *панели Functions\Programming\Structures*, затем на диаграмму ВП поместите функцию ***Wait*** из *панели Functions\Programming\Timing.* Установите индикатор ***Waveform Chart*** на панель прибора. А также добавьте функцию **sin(x)** из панели ***Mathematics/Elementary function.*** Соедините проводами (см. рис. 1.8.б). Добавьте кнопку STOP. Проверьте работоспособность.
  2. Постройте фигуру Лиссажу (заданную уравнением элипса). По оси Ох задайте уравнение ***x= X\*cos(t/T),*** а оси Оу задайте уравнение ***y= Y\*sin(t/T),*** для этого на диаграмму ВП поместите функцию ***For Structure*** из *панели Functions\Programming\Structures*, затем на диаграмму ВП поместите функцию ***Wait*** из *панели Functions\Programming\Timing.* Установите индикатор ***Graf XY*** на панель прибора. А также добавьте функции **sin(x) и сos(x)** из панели ***Mathematics/Elementary functions.*** Добавьте на панель прибора три поля ввода типа ***«регулятор». Для того чтобы вывести график,*** необходимо массив значений ***X*** и массив значений ***Y*** объединить в структуру при помощи функции ***Bundle***. Соедините проводами элементы схемы (см. рис. 1.9.б). Добавьте кнопку STOP. Проверьте работоспособность.
  3. На том же самом график постройте вторую кривую. Для этого добавьте еще один элемент управления ***Y1.*** Соедините проводами (см. рис. 1.9.б). Для того чтобы получить два и более графиков, создайте массив структур для этого используйте функцию Build arrаy. Проверьте работоспособность.

|  |
| --- |
| а |
| **б** |
| **Рис.1.9.** Построение графиков (Graf XY).  а- панель прибора; б – схема. |

**Контрольные вопросы**

* 1. Каким образом задать константу числовго типа?
  2. Как из массива выделить один элемент с заданным номером?
  3. Как задать кластер и что этот такое?
  4. Каким образом изменить переменную в кластере?
  5. Как создать меню с быбором действий?
  6. Как создать цикл от 0т до 1000 с шагом 20?
  7. Как реализовать замедление работы цикла, чтобы он срабатывал каждые 500мс?
  8. Как построить на графике процесс изменяемый во времени?
  9. Как построить зависимость *y=f(x)* на графике?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Измерения напряжения, тока и сопротивления. Мультиметр

**Цель работы:** Получить навыки измерения напряжения цифровым мультиметром. Научиться рассчитывать основные и дополнительные погрешности измерений. Исследовать влияние методических погрешностей, а так же погрешности косвенных измерений, на результат измерений.

**Домашнее задание**

1. Изучите принцип работы цифрового вольтметра. Изобразите структурные схемы. Отразите в отчете.
2. Изучите принцип работы аналогового вольтметра. Изобразите структурные схемы. Отразите в отчете.
3. Изучите принцип действия (выпишите формулы, нарисуйте схемы) преобразователей из переменного напряжения в постоянное.
4. Запишите формулы, требуемые в работе: формулы для расчёта погрешностей напряжения и сопротивления, расчёта косвенных измерений, формулы для преобразователей напряжения различного вида.

**Задание в лаборатории**

**Подготовка к работе**

1. ***Включите блок NI PXI-1033.Перезагрузите компьютер***.
2. Запустите приложения:
   1. MS Word,
   2. MathCAD,
   3. ***NI-FGEN (***программу управления генератором***) Программы\National Instruments\NI-FGEN,***
   4. ***NI-SCOPE (***программу управления осциллографом ***) Программы\National Instruments\NI-SCOPE,***
   5. ***NI–PWR (***программу управления источником питания***) Программы\National Instruments\NI-PWR (****или аппаратный блок питания****),***
   6. ***NI-DMM (***программу управления мультиметром***) Программы\National Instruments\NI-DMM.***
3. Убедитесь, что прибор работает. Для этого подключите выход генератора (***CH0***) ко входу (***CH0***) осциллографа. Запустите генератор, убедитесь, что на осциллографе появилось изображение сигнала.
4. Запишите температуру окружающей среды.

**Непосредственные измерения**

***Уровень удовлетворительно***

1. **Измерение сопротивлений.** Измерьте вольтметром *NI PXI-4072* и мультиметром (ЦМ) соответствующие сопротивления на выданных резистивных делителях и заполните таблицу 2.2.
2. Выберите сопротивления согласно таблице 2.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.1.** Установочные значения. | | | | | | | |
| бригада | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| *Низкоомный делитель*  R1/ R2 | 1кОм/  1кОм | 10кОм/  1кОм | 10кОм/  100кОм | 100Ом/  1кОм | 100Ом/  100Ом | 100кОм/  100кОм | 10кОм/  10кОм |
| *Высокоомный делитель*  R1/ R2 | 1МОм/  1МОм | 1МОм/  1МОм | 1МОм/  1МОм | 1МОм/  1МОм | 1МОм/  1МОм | 1МОм/  1МОм | 1МОм/  1МОм |

1. Вычислите ∆ (разность между соответствующими измеренными значениями *NI PXI-4072* и цифрового мультиметра).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.2.** | | | | | | | |
|  | *NI* | | Пределы измерения (NI) | *ЦМ* | | Пределы измерения (ЦМ) | ∆ |
| Rх | ∆Rx | Rх | ∆Rx |
| Низкоомный делитель | | | | | | | |
| R1 |  |  |  |  |  |  |  |
| R2 |  |  |  |  |  |  |  |
| R1+R2 |  |  |  |  |  |  |  |
| Высокоомный делитель | | | | | | | |
| R1 |  |  |  |  |  |  |  |
| R2 |  |  |  |  |  |  |  |
| R1+R2 |  |  |  |  |  |  |  |

1. Вычислите предельную относительную основную погрешность для значений сопротивления измеренных прибором NI PXI-4072:
2. Вычислите основную абсолютную предельную погрешность измерения сопротивления.
3. Рассчитайте входное сопротивление вольтметра. Для этого подключите высокоомный делитель к блоку питания и проведите замеры напряжения. Затем рассчитайте входное сопротивление.

|  |
| --- |
| , где |

1. ***Измерение напряжения.*** *Установите на блоке питания* напряжение по таблице 2.3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.3.** Установочные значения. | | | | | | | |
| бригада | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| *Upw*, В | 1 | 2 | 1,5 | 5 | 3 | 2,5 | 3,3 |

1. Подключая поочередно делители к блоку питания (см. рис.2.1.), проведите замеры напряжения на выходе блока питания и делителя и заполните таблицу 2.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица.2.4.** | | | | | |
|  | *NI* | | *ЦМ* | | ∆ |
| *U*x | *∆U*x | *U*x | *∆U*x |
| Низкоомный делитель | | | | | |
| *U*бп |  |  |  |  |  |
| *U*1 |  |  |  |  |  |
| Высокоомный делитель | | | | | |
| *U*бп |  |  |  |  |  |
| *U*1 |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
| **Рис.2.1.** Схема включения делителя. |

1. Вычислите ∆ (разницу между соответствующими измеренными значениями *NI* и цифрового мультиметра).
2. Вычислите предельную относительную погрешность измерения напряжения для значений, измеренных прибором *NI*.
3. Вычислите основную абсолютную предельную погрешность значений напряжений.
4. Абсолютная предельная погрешность цифрового мультиметра MS8200G составляет половину цены последнего разряда.
5. Занесите полученные в п.10 погрешности в таблицу.1.2.
6. Используя пакет Mathсad, проведите расчёт коэффициентов деления:

|  |
| --- |
| , , |

1. Рассчитайте погрешности косвенных измерений:

|  |
| --- |
| , |

1. Запишите конечный результат измерения с учетом погрешности.

***Уровень хорошо***

1. ***Измерение силы тока***. Подключите прибор NI последовательно с сопротивлениями.
2. Выберите режим измерения силы тока на измерительном приборе. (Самостоятельно оцените диапазон, в котором будет произведено измерение).
3. Проведите измерение силы тока. Сравните значение с расчетным.
4. Рассчитайте погрешность измеренной силы тока.
5. Проведите измерения силы тока
6. Оцените влияние формы сигнала на показания рассматриваемых приборов при одном и том же амплитудном значении напряжения.
7. Подключите вольтметр к генератору сигналов специальной формы. Изменяя форму сигнала, зафиксируйте показания напряжения на вольтметре NI и цифровом мультиметре. Заполните таблицу 2.5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Таблица 2.5.Влияние преобразователя на средневыпрямленное значениенапряжения при разной форме сигнала.* | | | |
|  | NI | ЦМ | ∆ |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

.

***Уровень отлично***

1. Создайте программу для измерения напряжения и вычисления погрешности в автоматическом режиме.
2. Откройте вкладку «Measurement IO / NI-DMM/» установите блоки: инициализации (1), конфигурирования (2), измерения(3), блок превышения уровня(4) , завершения работы (5).
3. Проведите измерение напряжения.
4. Создайте программу автоматического измерения погрешности.

|  |
| --- |
|  |
| **Рис.2.2.** Схема программы для измерения напряжения. |

**Контрольные вопросы**

1. Изобразите структурную схему цифрового вольтметра. Объясните назначение отдельных узлов, принцип действия.
2. Выведите формулы для среднего, средневыпрямленного и среднеквадратического значений напряжения. Как выбирают интервал интегрирования?
3. Что характеризуют коэффициенты *К*а*, К*ф*, К*у и как их используют?
4. Как вычислить погрешность косвенного измерения коэффициентов деления и их погрешности?
5. Что такое помеха нормального вида? Какие существуют способы борьбы с такой помехой?
6. Как учесть погрешность за счет шунтирования входного сопротивления вольтметра?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**ОСЦИЛЛОГРАФ**

**Цель работы.** Изучить принципы действия осциллографов. Научиться проводить измерения и оценивать погрешность. Определять причины возникновения погрешностей.

**Домашняя подготовка**

1. Изучите принцип действия аналогового осциллографа. Нарисуйте упрощенную структурную схему прибора, отражающую принцип действия и основные функции.
2. Изучите принцип действия цифрового осциллографа. Нарисуйте упрощенную структурную схему прибора, отражающую принцип действия и основные функции.
3. Определите основные погрешности при измерении цифровым осциллографом. Выпишите их.
4. Изучите численные методы измерения амплитуды и периода. Разработайте алгоритм. Напишите программу в среде Mathcad.
5. Изучите описание лабораторных пунктов, создайте таблицы для записи результатов измерения в лаборатории.

**Задание в лаборатории**

**Подготовка к работе**

1. ***Включите блок NI PXI-1033.Перезагрузите компьютер***.
2. Запустите приложения:
   1. MS Word
   2. MathCAD
   3. ***NI-FGEN (***программу управления генератором***) Программы \National Instruments\NI-FGEN***
   4. ***NI-SCOPE (***программу управления осциллографом ***) Программы \National Instruments\NI-SCOPE***
3. Убедитесь, что прибор работает. Для этого подключите выход генератора (***CH0***) ко входу (***CH0***) осциллографа. Запустите генератор, убедитесь, что на осциллографе появилось изображение сигнала.
4. **Непосредственные измерения**
5. ***Уровень удовлетворительно***
6. Установите на генераторе форму сигнала - «Гармонический», частоту и амплитуду по таблице 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 3.1.** Установочные значения. | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| U0,В | 0.1 | 0 | -0,5 | 0,4 | 0,33 | -0,33 | 1 |
| U,В | 0,8 | 0,9 | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,55 | 0.9 |
| f, кГц | 10 | 520 | 300 | 200 | 100 | 600 | 550 |

1. Используя ручки настройки, добейтесь наиболее четкого изображения.
2. Исследуйте возможности синхронизации. Засинхронизируйте осциллограф и генератор.
3. Используя курсоры (нажмите кнопку «Курсоры»), проведите измерения амплитуды и периода сигнала.
4. Рассчитайте погрешность измеренных сигналов.
5. Рассчитайте частоту сигнала, оцените погрешность.
6. Сравните установленную частоту и измеренную.

***Уровень хорошо***

1. Используйте кнопку «Измерения» для измерения параметров сигнала. Проведите измерение тех же параметров.
2. Запишите сигнал в текстовый файл (тип \*.LVM). Откройте его в блокноте и удалите все строки до первой строки данных. Затем сохраните его и откройте в MathCAD.
3. Используя заготовленную дома программу, вычислите значения амплитуды и частоты.
4. Составьте таблицу полученных измерений.
5. Сделайте выводы.

***Уровень отлично***

1. Запустите Labview.
2. Создайте программу осциллографа, как показано на рисунке 3.1. Проверьте ее работоспособность.

|  |
| --- |
|  |
| **Рис.3.1.** Программа «Осциллограф». |

**Контрольные вопросы**

1. Как оценить погрешность измерения амплитуды напряжения на осциллографе?
2. Как оценить погрешность измерения периода времени на осциллографе?
3. Какие внешние помехи влияют на результат измерения?
4. Что влияет на точность измерения цифровым осциллографом?
5. Поясните принцип действия аналогового осциллографа.
6. Как сделать программу измерения средневыпрямленного значения?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

**ОСЦИЛЛОГРАФ**

**ФАЗОВЫЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Цель работы.** Изучить принципы фазовых и спектральных измерений. Научиться проводить измерения и оценивать погрешность. Определять причины возникновения погрешностей.

**Домашняя подготовка**

1. Изучите принцип действия измерителя разности фаз. Нарисуйте упрощенную структурную схему прибора, отражающую принцип действия и основные функции.
2. Изучите принцип действия цифрового и аналогового анализатора спектра. Нарисуйте упрощенные структурные схемы приборов, отражающую принцип действия и основные функции.
3. Определите основные погрешности при измерении цифровым осциллографом разности фаз двух сигналов. Выпишите их.
4. Изучите численные методы измерения разности фаз и быстрого преобразования Фурье. Разработайте алгоритм. Напишите программу в среде Mathcad, таким обрзом, чтобы загрузив данные из файла в Вашу программу, был получен реальный результат, проверяемый по приборам. Для тестирования вашей программы используйте гармонические сигналы отличные по частоте и фазе.
5. Изучите описание лабораторной работы, создайте таблицы для записи результатов измерения в лаборатории.

**Задание в лаборатории**

**Подготовка к работе**

***Включите блок NI PXI-1033.Перезагрузите компьютер***.

1. Запустите приложения:
2. **MS Word**
3. **MathCAD**
4. **NI-FGEN***(программу управления генератором) Программы* ***\National Instruments\NI-FGEN***
5. **NI-SCOPE *(***программу управления осциллографом ***) Программы \National Instruments\NI-SCOPE***
6. Убедитесь, что прибор работает. Для этого подключите выход генератора (***CH0***) к входу (***CH0***) осциллографа. Запустите генератор, убедитесь, что на осциллографе появилось изображение сигнала.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 4.1.** Установочные значения. | | | | | | | |
| бригада | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| U0, В | 0,1 | 0,15 | 0,5 | 0,1 | 0,15 | 0,5 | 0,2 |
| U, В | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| f, кГц | 1 | 1,5 | 2 | 1 | 1,5 | 2 | 1 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 4.2.** Установочные значения. | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Фильтр | ФНЧ | ФВЧ | ФНЧ | ФВЧ | ФНЧ | ФВЧ | ФНЧ |
| R, кОм | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,1 | 0,1 | 10 |
| fср, кГц | 4.823 | 4.823 | 3.386 | 3.386 | 3.386 | 3.386 | 1.592 |

***Уровень удовлетворительно***

1. Установите на генераторе форму сигнала - *«Гармонический*», частоту и амплитуду по таблице 4.1. Преподаватель выдает карточку с заданием индивидуально.
2. Используя ручки настойки, добейтесь наиболее четкого изображения в первом (опорном) канале.
3. Засинхронизируйте осциллограф и генератор по первому каналу.
4. Соберите фильтр согласно таблице 4.2.
5. Проведите измерение АЧХ и ФЧХ заданного фильтра (последовательная RC-цепочка) 25 точек: для этого изменяя частоту генератора, снимите амплитуду сигнала на выходе и входе, рассчитайте коэффициент передачи.
6. Заполните таблицу, содержащую следующие поля: частота, напряжение на входе и выходе фильтра, коэффициент передачи, *t1* и *t2* – значения моментов времени соответствующие нулевому уровню сигналов, их разность и фазу.
7. Заполните таблицу соответствующих погрешностей с полями аналогичными в пункте 9. Погрешности прямых измерений (напряжений и времени) и косвенных измерений (коэффициента передачи и фазы).

***Уровень хорошо***

1. Включите осциллограф в режим измерения спектра сигнала.
2. Измерьте значения спектральной составляющей сигнала на входе и выходе, по полученным значениям рассчитайте АЧХ в тех же точках, что и в п.8.
3. Установите форму сигнала «МЕАНДР» и частоту согласно таблице 4.1.
4. Проведите измерения спектра сигнала, зарисуйте (добавьте) график в отчет.

***Уровень отлично***

1. Разработайте программу для автоматического измерения АЧХ. Для этого изменяйте в цикле с некоторым шагом значение частоты, и фиксируйте значения амплитуды (можно средневыпрямленного значения) сигнала на входе и выходе RC-цепи, далее проведите вычисления и постройте график АЧХ.

**Контрольные вопросы**

1. Как рассчитать коэффициент передачи фильтра низких (высоких) частот?
2. Как оценить погрешность измерения амплитуды напряжения на осциллографе?
3. Как оценить погрешность измерения периода на осциллографе?
4. Как осуществляется измерение разности фаз входного и выходного сигнала?
5. Как оценить погрешность измерения АЧХ?
6. Как оценить погрешность измерения ФЧХ?
7. Какие внешние помехи влияют на результат измерения?
8. Что влияет на точность измерения цифровым осциллографом?
9. Поясните принцип действия аналогового осциллографа.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

**ГЕНЕРАЦИЯ СИГНАЛОВ**

**Цель работы.** Изучить принципы действия генераторов. Научиться проводить измерения и оценивать погрешность. Определять причины возникновения погрешностей.

**Домашняя подготовка**

1. Изучите принцип действия аналогового генератора формы сигналов. Нарисуйте упрощенную структурную схему прибора, отражающую принцип действия и основные функции.
2. Изучите принцип действия цифрового генератора. Нарисуйте упрощенную структурную схему прибора, отражающую принцип действия и основные функции.
3. Выпишите основные погрешности возникающие при формировании сигнала цифровым генератором сигналов произвольной формы.
4. На языке программирования Labview или MathCad разработайте программу формирующую массив данных для загрузки в генератор см. Таблицу5.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 5.1.** Установочные значения. | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Форма, параметры  *Простой сигнал* | М, 1кГц,  1В | Т, 1кГц,  1В | П, 1кГц,  1В | S, 1кГц,  1В | M, 1кГц,  0,8В | T, 1кГц,  0,8В | П, 1кГц,  0,9В |
| Модулированный сигнал | АМ  М=0,8 | АМ  М=0,8 | ЧМ  D=0,8 | АМ  М=0,8 | АМ  М=0,8 | ЧМ  D=0,8 | АМ  D=0,8 |
| Шумовая компонента | Р | Г | Т | Р | Г | Т | Р |
| * М- меандр; Т-треугольный;П-пилообразный; S- типа *sin(x)/x;* * АМ- амплитудномодулированный сигнал с частотой несущей 10 кГц, амплитудой 1 В и коэффициентом модуляции М; * ЧМ- частотномодулированный сигнал с частотой несущей 10 кГц, амплитудой 1 В и девиацией D; * Г- гаусов ; Р-равномерный; ТР-треугольный законы распределения шума, с СКО=0,1В.   Обратите внимание что шумовая компонента добавляется как к простому сигналу, так и к модулированному. | | | | | | | |

1. Изучите описание лабораторной работы, создайте таблицы для записи результатов измерения в лаборатории.

**Задание в лаборатории**

**Подготовка к работе**

***Включите блок NI PXI-1033.Перезагрузите компьютер***.

1. Запустите приложения:
   1. MS Word
   2. MathCAD
   3. ***NI-FGEN (***программу управления генератором***) Программы \National Instruments\NI-FGEN***
   4. ***NI-SCOPE (***программу управления осциллографом ***) Программы \National Instruments\NI-SCOPE***
2. Убедитесь, что прибор работает. Для этого подключите выход генератора (***CH0***) ко входу (***CH0***) осциллографа. Запустите генератор, убедитесь, что на осциллографе появилось изображение сигнала.

**Непосредственные измерения**

***Уровень удовлетворительно***

1. Установите на генераторе форму сигнала - «Гармонический», частоту и амплитуду по таблице 5.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 5.2.** Установочные значения. | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| U0,В | 0,1 | 0,15 | 0,5 | 0,1 | 0,15 | 0,5 | 0,2 |
| U,В | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| f, кГц | 1 | 1,5 | 2 | 1 | 1,5 | 2 | 1 |

1. Используя ручки настройки, добейтесь наиболее четкого изображения.
2. Исследуйте возможности синхронизации. Засинхронизируйте осциллограф и генератор.
3. Запишите сгенерированный сигнал в файл данных. Откройте его в пакете MathCad. Выведите на график реальный сигнал и сигнал смоделированный в программе.Оцените разницу между сигналами синхронизировав их. Постройте график разницы между моделью и реальным сигналом.
4. Оцениете СКО и среднее отклонение реального сигнала от модели.

***Уровень хорошо***

1. Используя полученные в домашней подготовке, таблицы сигналов загрузите в генератор.
2. Проведите измерение реального сигнала на выходе прибора. Запишите результаты измерения в файл.
3. Обработайте файл, как в п.7
4. Сделайте выводы

***Уровень отлично***

1. Запустите Labview.
2. Создайте программу управляющую генератором. Учтите возможность изменять форму сигнала в реальном режиме времени.
3. Проверьте работоспособность.

**Контрольные вопросы**

1. Опишите принцип работы аналового генератора.
2. Опишите принцип действия цифрового генератора.
3. Какие погрешности имеют место при гненерации сигналов?
4. Как сформировать сигнал с заданными параметрами для загрузки в генератор?
5. Какие виды генераторов существуют?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

**Измерение параметров цепей с шумовой компонентой**

**Цель работы.** Изучить принципы фазовых и спектральных измерений. Научиться проводить измерения и оценивать погрешность. Определять причины возникновения погрешностей.

**Домашняя подготовка**

1. Изучите разделы курса метрологии, касающиеся многократных измерений.
2. Создайте в пакете MathCad или Labview модель сигнала для исследования АЧХ. (*ЛЧМ сигнал с шумовой компонентой*) См. Таблицу заданий 6.1. (сделайте промежуточные сигналы, прямоугольные видео и радио импульсы, сигнал треугольной формы, ЧМ сигнал с модуляцией сигналом треугольной формы, видеоимпульс ЛЧМ и полученый сигнал с шумовой компонентой).
3. Определите основные погрешности при измерении цифровым осциллографом амплитуды сигналов. Выпишите их.
4. Создайте алгоритм и напишите программу обработки сигнала.
5. Изучите описание лабораторных пунктов, создайте таблицы для записи результатов измерения в лаборатории.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 6.1.** Установочные значения для домашней подготовки. | | | | | | | |
| бригада | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Фильтр | ФВЧ | ФНЧ | ФВЧ | ФНЧ | ФВЧ | ФНЧ | ФВЧ |
| R, кОм | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,1 | 0,1 | 10 |
| fср, кГц | 4.823 | 4.823 | 3.386 | 3.386 | 3.386 | 3.386 | 1.592 |
| Параметры сигнала | Сигнал с линейной частотной модуляцией от 100 Гц до 30 кГц, длительностью 0,1 с и амплитудой | | | | | | |
| 1В | 0,5В | 1,1В | 0,9В | 0,8В | 0,7В | 0,6В |
| Параметры шумовой компоненты | Г/0,1В | Р/0,1В | Г/0,2В | Р/0,2В | Г/0,15В | Р/0,15В | Г/0,05В |
| Распределение: Г- гаусово; Р- равномерное/ СКО | | | | | | | |

**Задание в лаборатории**

**Подготовка к работе**

1. ***Включите блок NI PXI-1033.Перезагрузите компьютер***.
2. Запустите приложения:
   1. MS Word
   2. MathCAD
   3. ***NI-FGEN (***программу управления генератором***) Программы \National Instruments\NI-FGEN***
   4. ***NI-SCOPE (***программу управления осциллографом ***) Программы \National Instruments\NI-SCOPE***
3. Убедитесь, что прибор работает. Для этого подключите выход генератора (***CH0***) к входу (***CH0***) осциллографа. Запустите генератор, убедитесь, что на осциллографе появилось изображение сигнала.

***Уровень удовлетворительно***

1. Загрузите в генератор сигнал полученый при выполнении домашней подготовки.
2. С помощью осциллографа и анализатора спектра проверьте его правильность.
3. Засинхронизируйте осциллограф и генератор по первому каналу.
4. Соберите фильтр согласно таблице 6.1. соединив указанные компоненты на макетной плате.
5. Проведите измерение. Для этого с генератора подайте на вход фильтра и канал Ch0 осциллографа, а выход фильтра соедините с входом Ch1 осциллографа. Задайте время развертки осциллографа, так чтобы ЛЧМ импульс максимально укладывался на экран осциллографа.
6. Убедитесь, что огибающая сигнала на входе Ch1 осциллографа будет похожа на АЧХ исследуемого фильтра.
7. Сохраните 10 измерений в файлы данных и в графической форме.

***Уровень хорошо***

1. Обработайте сигнал. Для этого выделите огибающую (проведеите детектирование). Очистите сигнал от шумовых компонент методом усреднения.
2. Для каждого из записаных измерений повторите процедуру. Постройте все полученные результаты на один график.
3. По характерным частотам оцените уровень разброса сигналов (оцените математическое ожидание и СКО выборки из 10 шт).

***Уровень отлично***

1. Разработайте программу для автоматического измерения АЧХ. И оценки параметров.

**Контрольные вопросы**

1. Как рассчитать коэффициент передачи фильтра низких (высоких) частот?
2. Как оценить погрешность измерения амплитуды напряжения на осциллографе?
3. Как оценить погрешность измерения периода на осциллографе?
4. Как осуществляется измерение разности фаз входного и выходного сигнала?
5. Как оценить погрешность измерения АЧХ?
6. Как оценить погрешность измерения ФЧХ?
7. Какие внешние помехи влияют на результат измерения?
8. Что влияет на точность измерения цифровым осциллографом?
9. Поясните принцип действия аналогового осциллографа.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

**ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Цель работы.** Изучить принципы измерений параметров элементов: емкости и индуктивности. Научиться проводить измерения и оценивать погрешность. Определять причины возникновения погрешностей.

**Домашняя подготовка**

1. Изучите резонансный метод измерения реактивного сопротивления. Нарисуйте структурную схему измерительной установки. Приведите расчетные соотношения.
2. Предложите методику измерения емкости и индуктивности по оценке изменения коэффициента передачи. Выведите соотношения.
3. Постройте график зависимости емкости (и индуктивности) от коэффициента передачи на частоте равной частоте среза фильтра для вашего варианта. (R=1 кОм, С= см. табл.7.1)
4. Проведите оценку погрешности метода.
5. Изучите релаксационный метод измерения реактивного сопротивления. Нарисуйте структурную схему измерительной установки. Выведите соотношения.
6. Постройте график зависимости емкости и индуктивности от времени установления для прямоугольных импульсов с частотой равной частоте среза фильтра для вашего варианта. (R=1 кОм, С= см. табл.7.1)
7. Проведите оценку погрешности метода.
8. Запишите расчетные соотношения для оценки погрешности измерения емкости и индуктивности, при прямом измерении прибором NI PXI-4072.

**Задание в лаборатории**

**Подготовка к работе**

1. ***Включите блок NI PXI-1033.Перезагрузите компьютер***.
2. Запустите приложения:
   1. MS Word
   2. MathCAD
   3. ***NI-FGEN (***программу управления генератором***) Программы \National Instruments\NI-FGEN***
   4. ***NI-SCOPE (***программу управления осциллографом ***) Программы \National Instruments\NI-SCOPE***
   5. ***NI-DMM (***программу управления мультиметром ***) Программы \National Instruments\NI-DMM***
3. Убедитесь, что прибор работает. Для этого подключите выход генератора (***CH0***) к входу (***CH0***) осциллографа. Запустите генератор, убедитесь, что на осциллографе появилось изображение сигнала.

***Уровень удовлетворительно***

1. *Подключите к прибору* NI PXI-4072 измерительные щупы проведите автоколлибровку щупов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 7.1.** Установочные значения. | | | | | | | |
| бригада | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| R, кОм | 100 | 1 | 10 | 100 | 1000 | 0,1 | 1 |
| L, мГн | Установлена на плате | | | | | | |
| C, нФ | 1 | 1 | 47 | 100 | 470 | 1 | 47 |

1. Используя прибор NI PXI-4072. Проведите измерения параметров элементов *R, L, C*. Результаты занесите в таблицу.
2. Рассчитайте погрешности измерения, п.5 .

***Уровень хорошо***

1. Засинхронизируйте осциллограф и генератор по первому каналу.
2. Соберите схему измерителя. Используйте фильтр низких частот первого порядка, как базовую конструкцию.
3. Используйте сопротивление **1 кОм** в построенном вами фильтре.
4. Оцените частоту среза, построенного Вами фильтра.
5. Установите полученную в п.10 частоту на генераторе формы сигналов. Напряжение на выходе генератора 1В. (Сигнал гармонический.)
6. Используя п.3. домашней подготовки измерьте значение емкости (индуктивности) запишите результат, получаемый по графику и рассчитанный по формуле.
7. Проведите измерение для емкости *0,5С* и *2С*.
8. Оцените погрешности и запишите результаты измерений.
9. *Проделайте п.8-12, 14 для индуктивности.*
10. Установите полученную в п.10 частоту на генераторе формы сигналов. Напряжение на выходе генератора 1В. (Сигнал прямоугольной формы.)
11. Подстройте частоту таким образом, чтобы отчетливо стал виден переходный процесс (частоту требуется понизить).
12. Используя п.6. домашней подготовки измерьте значение емкости (индуктивности) запишите результат, получаемый по графику и рассчитанный по формуле.
13. Проведите измерение для емкости *0,5С* и *2С*.
14. Оцените погрешности и запишите результаты измерений.
15. *Проделайте п.16-18, 20 для индуктивности.*

***Уровень отлично***

1. Разработайте программу для автоматического измерения Параметров элементов любым способом на усмотрение студента.

**Контрольные вопросы**

1. Как рассчитать коэффициент передачи фильтра низких частот?
2. Как оценить погрешность измерения амплитуды напряжения на осциллографе?
3. Как оценить погрешность измерения периода на осциллографе?
4. Как осуществляется измерение разности фаз входного и выходного сигнала?
5. Как оценить погрешность измерения индуктивности релаксационным методом?
6. Как оценить погрешность измерения емкости резонансным методом?
7. Какие внешние помехи влияют на результат измерения параметров элементов?
8. Как влияет собственная емекость катушки индуктивности на измерение параметров индуктивности?

# Литература

1. Дворяшин Б.В. Основы метрологии и радиоизмерения: Учебн. пособие для вузов. - М: Радио и связь,1993.-320 с.
2. Баскаков С.И. Лекции по теории цепей. –М.: Из-во МЭИ,1991. -224 с.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб.для вузов по спец. «Радиотехника»- 3е изд.,-М:Высш. шк.,2000. -462с.

Оглавление

[Предисловие 2](#_Toc343105552)

[Описание лабораторного стенда 3](#_Toc343105553)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 4](#_Toc343105554)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 11](#_Toc343105555)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 15](#_Toc343105556)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 18](#_Toc343105557)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 20](#_Toc343105558)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 23](#_Toc343105559)

[ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 25](#_Toc343105560)

[Литература 28](#_Toc343105561)

Учебное издание

**Крутских** Владислав Викторович

**ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ**

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ

РАБОТЫ № 1-4, В1, В2

«Аппаратные средства вычислительной техники»

для студентов, обучающихся по направлению «*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*»

Редактор

Редактор издательства Г.Ф. Раджабова

Темплан издания МЭИ 2015 (I), метод. Подписано в печать

Печать офсетная Формат 60х84/16 Физ. печ. л. 1,25 Тираж 100 экз.

Изд. №

Издательство МЭИ, 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14.

Отпечатано в ООО

1. **Массив** - это набор пронумерованных данных строго одного типа. [↑](#footnote-ref-1)
2. **Структура** – это набор данных различных типов. [↑](#footnote-ref-2)