**Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное**

**образовательное учреждение**

**«Малоохтинский колледж»**

**УЧЕБНОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Разработал преподаватель

спец дисциплин

**Т.В.Двуличанская**

**Санкт-Петербург**

**2022г.**

**Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное**

**образовательное учреждение**

**«Малоохтинский колледж»**

**Т.В. Двуличанская**

**УЧЕБНОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие является частью курса **Электротехнические измерения»** программы подготовки специалистов среднего звена СПО ППССЗ дневной формы обучения по специальностям технического профиля

Данное пособие призвано сыграть важную роль в профессиональном становлении специалистов электротехнических специальностей. Учебно-методическое пособие содержит методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине **Электротехнические измерения** формирует умения рассчитывать параметры сигналов, отдельных узлов измерительных приборов и получения навыков работы с измерительными приборами промышленного изготовления. Анализировать работу приборов радиоэлектронной техники, обеспечивает эффективную самостоятельную работу обучающихся в сочетании с совершенствованием управления ею со стороны преподавателя.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии ФГОС СПО

СОДЕРЖАНИЕ

1.Введение -----------------------------------------------------------------4 стр

2.Лабораторная работа № 1 Изучение характеристик и инструкций эксплуатации прибора комбинированного типа. Проведение измерений мультиметром -------------------------------------------------6 стр

3. Лабораторная №2 Измерение параметров синусоидальных сигналов с помощью осциллографа------------------------------------- 11стр

4. Лабораторная работа №3 Измерение длительности импульса, фронта

и среза импульса----------------------------------------------------------- 15 стр.

Приложение 1.

Приложение 2.

Приложение 3.

# ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине Электротехнические измерения адресованы студент электротехнических специальностей очной формы обучения.

В процессе изучения студенты учатся владеть методами измерения параметров и характеристик электрорадиотехнических цепей и компонентов, исследования формы сигналов, использования контрольно-испытательной и измерительной аппаратуры, измерения параметров сигналов; составления измерительных схем, подбора по справочным материалам измерительных средств; измерения с заданной точностью различных электрических и радиотехнических величин.

При подготовке к лабораторным занятиям студент должен:

* изучить теорию по теме лабораторной работы, используя конспект лекций и рекомендуемую техническую литературу;
* ознакомиться по настоящему пособию с целью и содержанием работы;
* изучить схему лабораторной установки и применяемые приборы;
* заготовить в рабочей тетради черновик (протокол) с необходимыми таблицами в соответствии с требованиями, изложенными в описании каждой работы;
* выполнить домашнее задание;
* ознакомиться с контрольными вопросами к лабораторной работе и быть готовым ответить на них во время допуска к выполнению работы.

Для выполнения лабораторных работ учебная группа (подгруппа) разбивается на бригады по 2-3 человека. Допуск студентов к лабораторной работе осуществляется на основе индивидуальной беседы преподавателя со студентом.

При проведении лабораторных работ студент должен:

* собрать схему, предъявить ее преподавателю или технику (лаборанту) и только после их разрешения производить включение стенда;
* включить лабораторный стенд и провести необходимые работы согласно методическим указаниям.
* для разрешения возникающих в процессе выполнению работы проблем следует обращаться к преподавателю или технику (лаборанту).

После завершения работ лабораторный стенд предъявляется для проверки преподавателю или технику (лаборанту) и затем выключается. Все органы управления стендом должны находиться в исходном положении. Выполнение работы удостоверяется в черновике (протоколе) каждого студента подписью преподавателя или техника (лаборанта) и датой. Черновики (протоколы) на отдельных листах к рассмотрению не принимаются.

По результатам выполнения всех пунктов работы нужно оформить и защитить отчет. Защита отчета удостоверяется подписью преподавателя и сопровождается выставлением оценки.

Допуск к очередной работе может производиться при условии предварительной защиты предыдущих работ. При не допуске студент обеспечивается индивидуальным учебным заданием и должен находиться до окончания занятий в учебной лаборатории.

**Критерии оценки при защите лабораторных работ**:

**Отлично.** Студент умеет увязывать теорию с практикой (решает задачи и формулирует выводы, умеет пояснить полученные результаты), владеет понятийным аппаратом, полно и глубоко овладел материалом по заданной теме, обосновывает свои суждения и даёт правильные ответы на вопросы преподавателя.

**Хорошо.** Студент умеет увязывать теорию с практикой (решает задачи и формулирует выводы, умеет пояснить полученные результаты), владеет понятийным аппаратом, полно и глубоко овладел материалом по заданной теме, но содержание ответов имеют некоторые неточности и требуют уточнения и комментария со стороны преподавателя.

**Удовлетворительно.** Студент знает и понимает материал по заданной теме, но изложение неполное, непоследовательное, допускаются неточности в определении понятий, студент не может обосновать свои ответы на уточняющие вопросы преподавателя.

**Неудовлетворительно.** Студент допускает ошибки в определении понятий, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Делает ошибки в ответах на уточняющие вопросы преподавателя.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ИНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИБОРА КОМБИНИРОВАННОГО.

**ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ МУЛЬТИМЕТРОМ.**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

1. Изучение электроизмерительных приборов, используемых в лабораторной работе.
2. Получение представлений о пределе измерений, абсолютной и относительной погрешности.
3. Получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами – мультиметром.

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ:**

Таблица 2.1 Используемые приборы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название прибора** | **Тип** | **Параметры** |
| Мультиметр | Meterman 35XP |  |
| Источник питания (ИП) | TL303 |  |
| TL3035 |  |
| SM505 |  |
| Набор резисторов | выдается преподавателем |  |

**ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ:**

Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе, по рекомендованной литературе и конспекту лекций.

Проработать описание данной работы и заготовить в рабочей тетради формы таблиц в соответствии с указаниями к содержанию отчета.

Ознакомиться с метрологическими характеристиками мультиметра Meterman 35 XP, заполнить таблицу 2.1, изучить расположение и назначение всех органов управления.

**СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ:**

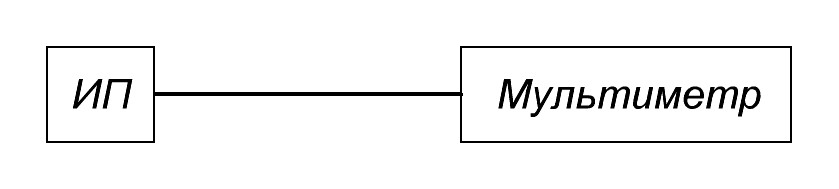


Рисунок 2.1. Схема измерений

**ПОРЯДОК РАБОТЫ:**

При проведении измерений в электрических цепях широкое применение получили цифровые мультиметры – комбинированные цифровые измерительные приборы, позволяющие измерять постоянное и переменное напряжение, постоянный и переменный ток, сопротивления, проверять диоды и транзисторы. Для проведения конкретного измерения необходимо установить переключателем предполагаемый предел измерений измеряемой величины (ток, напряжение, сопротивление) с учетом рода тока (постоянный или переменный). Представление результата измерения происходит на цифровом отсчетном устройстве в виде обычных удобных для считывания десятичных чисел.

Наибольшее распространение в цифровых отсчетных устройствах мультиметров получили жидкокристаллические, газоразрядные и светодиодные индикаторы. На передней панели такого прибора находится переключатель функций и диапазонов. Этот переключатель используется как для выбора функций и желаемого предела измерений, так и для выключения прибора. Для продления срока службы источника электропитания прибора переключатель должен находиться в положении «OFF»в тех случаях, когда прибор не используется.



Рисунок 2.2. Лицевая панель мультиметра

1. **Измерение постоянного напряжения.**

В качестве источника постоянного напряжения использовать прибор TL303 или TL3035.

Результаты измерений занести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uип, В | 0,1 | 0,5 | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Uм, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ∆U, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ, % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Расчёт погрешностей производить по формулам:

где:

∆U – абсолютная погрешность;

Uип– напряжение источника питания;

Uм – напряжение, измеренное при помощи мультиметра.

где:

δ – относительная погрешность;

∆U – абсолютная погрешность;

Uип – напряжение, выставленное на источнике питания.

Допустимая погрешность источников питания TL303 и TL3035 – **δ=0,5%**.

**Сделать вывод о пригодности прибора.**

1. **Измерение переменного напряжения.**

В качестве источника переменного напряжения использовать прибор SM505.

Результаты измерений занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uип, В | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| Uм, В |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ∆U, В |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ, % |  |  |  |  |  |  |  |  |

Произвести расчет погрешностей согласно формулам, приведенным выше.

Допустимая погрешность источника питания SM505 – **δ=1%**.

**Сделать вывод о пригодности прибора.**

1. **Измерение сопротивления постоянных резисторов.**

В ходе работы измеренные значения параметров элементов, следует сравнить с номинальными значениями параметров, которые указываются на корпусе элемента. В выводе следует сделать заключение о годности детали, сравнивая отклонение параметра от номинала с допуском.

Резисторы для измерений выдаются преподавателем каждому студенту различные. Для определения номинального сопротивления см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Измерения следует проводить с максимально возможной для данного прибора точностью.

Результаты измерений занести в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер резистора | Rном | Допуск, % | Rизм | ∆R | δ, % | Вывод |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |

Расчет погрешностей производить по формулам:

где:

∆R – абсолютная погрешность сопротивления резистора;

Rизм– измеренное значение сопротивления резистора;

Rном – номинальное значение сопротивления резистора.

где:

δ – относительная погрешность сопротивления резистора;

∆R – абсолютная погрешность сопротивления резистора;

Rном – номинальное значение сопротивления резистора.

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | Черновик с подписью преподавателя |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Наименование работы и ее цель |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Технические данные измерительных приборов, схема измерений |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Результаты измерений, занесенные в таблицы |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Примеры расчетов погрешностей |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Выводы по работе |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Ответы на контрольные вопросы |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Сдача отчета в установленный срок |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Ответы на вопросы при защите |  |  |  |  |  |  |

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. К каким приборам относиться мультиметр 35XP (аналоговым или цифровым)?
2. Какие параметры можно измерить с помощью мультиметра 35XP?
3. Каковы основные достоинства и недостатки цифровых мультиметров в сравнении со стрелочными?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

1. Ознакомиться с принципом действия, устройством и работой осциллографа.
2. Ознакомиться с основными метрологическими характеристиками осциллографа.
3. Получить навыки использования осциллографа для исследования формы электрических сигналов и измерения их параметров.
4. Закрепить знания, полученные на теоретических занятиях.

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ:**

Таблица 5.1 – Используемые приборы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название**  **прибора** | **Тип** | **Параметры** |
| Осциллограф | С1-220 |  |
| Генератор сигналов | 33250А | диапазон частот – от 1 мкГц до 80 МГц (для синуса и меандра)  разрешение по вертикали – 12 бит  частота дискретизации – 200 МГц  память – 64 тыс. точек  режимы модуляции – АМ, ЧМ (внешняя и внутренняя)  режим ГКЧ  графический режим для визуального подтверждения  установленной формы сигнала |

**ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ:**

Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе, по рекомендованной литературе и конспекту лекций (***Приложение 2***).

Проработать описание данной работы и заготовить в рабочей тетради формы таблиц в соответствии с указаниями к содержанию отчета.

Ознакомиться с метрологическими характеристиками осциллографа С1-220, заполнить таблицу 5.2, изучить расположение и назначение всех органов управления (см. руководство по эксплуатации ***«Осциллограф двухканальный С1-220»).***

Для самопроверки готовности к выполнению работы сформулировать ответы на следующие вопросы, которые могут быть заданы при допуске к работе или при ее защите:

1. Назначение электронно-лучевого осциллографа.
2. Принцип получения осциллограммы на экране аналогового осциллографа.
3. Основные метрологические характеристики осциллографа.
4. Из каких основных блоков состоит осциллограф.
5. Условие неподвижности осциллограммы.
6. Виды разверток и их применение.
7. Как измерить амплитуду сигнала при помощи осциллографа?
8. Как измерить постоянную составляющую при помощи осциллографа?
9. Как измерить частоту и период сигнала при помощи осциллографа?
10. Зачем нужна линия задержки в канале Y?

Таблица 5.2 – Основные метрологические характеристики осциллографа С1-220

|  |  |
| --- | --- |
| Ширина полосы пропускания осциллографа, **МГц** |  |
| Диапазон значений коэффициента отклонения, **В/дел** |  |
| Основная погрешность коэффициента отклонения, **%** |  |
| Входное сопротивление, **Ом**  и входная емкость, **пФ** |  |
| Время нарастания переходной характеристики, **нс** |  |
| Диапазон значений коэффициента развертки, **с/дел** |  |
| Основная погрешность коэффициента развертки, **%** |  |
| Входное напряжение для модуляции яркости, **В** |  |

**СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ:**

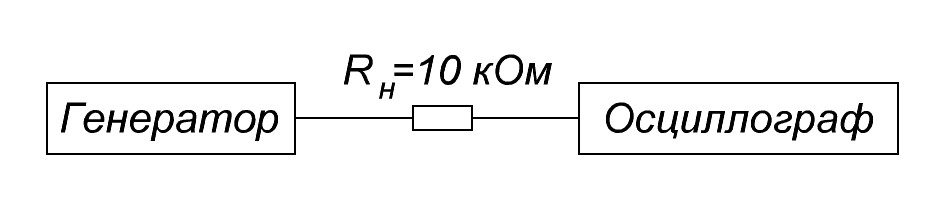


Рисунок 5.1 – Схема измерений

**ПОРЯДОК РАБОТЫ:**

1. **Измерение напряжения синусоидального сигнала.**

Собрать схему измерений. Включить приборы. Установить внутреннее сопротивление генератора равным 10 кОм (Utility\Output Setup\10 kOm). Выбрать форму выходного сигнала – синусоидальную.

Установить на генераторе частоту выходного сигнала *f* = 1000 Гц. Для этого нажмите клавишу **Freq**, введите требуемое значение частоты, используя цифровую клавиатуру, выберите единицы измерения, нажав клавишу с обозначением нужных единиц измерения. Когда единицы измерения выбраны, генератор выдает сигнал с частотой, значение которой отображается на экране.

Для установки амплитуды нажмите клавишу **Ampl**, используя клавиатуру, введите требуемое значение уровня выходного сигнала, затем нажмите клавишу с обозначением нужных единиц измерения.

Устанавливая размах напряжения, указанный в таблице 3, произвести измерение амплитуды сигнала на выходе генератора.

Для подачи сигнала с генератора нажать клавишу **Output**.

Полученные данные занести в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Upp г, В | 0,2 | 0,6 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 10,0 | 14,0 | 20,0 |
| CY |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| nY |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Upp o, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Um o, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ∆Um, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Upp г – размах выходного напряжения, установленный на генераторе;

CY – цена одного деления масштабной сетки осциллографа по вертикали (**В/дел**);

nY – линейный размер параметра сигнала по вертикали в делениях масштабной сетки;

Upp o – размах сигнала, измеренный с помощью осциллографа;

Um o – амплитуда, измеренная с помощью осциллографа;

U – действующее значение напряжения;

∆Um – абсолютная погрешность выходного напряжения генератора;

δ – относительная погрешность выходного напряжения генератора.

Произвести расчет действующего значения напряжения по формуле:

Рассчитать абсолютную и относительную погрешность по формулам:

Сравнить наибольшую рассчитанную относительную погрешность с допустимой. Сделать вывод.

1. **Измерение периода и частоты синусоидального сигнала.**

Задать уровень выходного напряжения на генераторе равным Upp = 1 В.

Для установки *периода* сигнала снова нажмите клавишу **Freq** для переключения в положение **Period**. Используя цифровые клавиши, введите требуемое значение периода, укажите нужные единицы измерения.

Устанавливая заданные в таблице 4 значения периода колебаний T, определить период колебаний выходного сигнала генератора по осциллографу.

Полученные результаты занести в таблицу 5.4.

Таблица 5.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tг, мкс | 1 | 5 | 10 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| CX |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| nX |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| T0, мкс |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *f*0, кГц |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tг – период колебания, установленный на генераторе;

CX – цена одного деления масштабной сетки осциллографа по горизонтали (**Время/дел**);

nX – линейный размер параметра сигнала по горизонтали в делениях масштабной сетки;

T0 – период колебания, измеренный с помощью осциллографа;

*f*0 – частота колебания, рассчитанная по формуле.

Рассчитать частоту колебания по формуле:

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | Черновик с подписью преподавателя |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Наименование работы и ее цель |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Технические данные измерительных приборов, схема измерений |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Результаты измерений, занесенные в таблицы |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Примеры расчетов погрешностей, действующего значения напряжения и частоты |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Осциллограммы, полученные при выполнении работы, выводы по работе |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Ответы на контрольные вопросы |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Сдача отчета в установленный срок |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Ответы на вопросы при защите |  |  |  |  |  |  |

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Назначение осциллографа.
2. Какие характеристики осциллографа нормируются?
3. Почему используемый в данной работе осциллограф можно считать измерительным?
4. Нарисовать форму исследуемого сигнала и указать его основные параметры. Кратко описать методику измерения параметров.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА, ФРОНТА И СРЕЗА ИМПУЛЬСА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

1. Получить практические навыки работы с осциллографом.
2. Освоить методику измерения временных параметров импульсов.
3. Закрепить знания, полученные на теоретических занятиях.

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название прибора** | **Тип** | **Параметры** |
| Осциллограф | TDS-1001B | полоса пропускания – 40 МГц  кол-во каналов – 2  вход внешнего запуска – да  макс. частота дискретизации – 1 ГГц  длина записи – 2,5К точек  вертикальное разрешение – 8 бит  вертикальная чувствительность – 2мВ до 5мВ/дел  погрешность по вертикали (DC) – ±3%  макс. входное напряжение – 300 В (CAT II)  ограничение полосы – 20 МГц  входы – AC, DC, GND  вх. импенданс – 1 МОм/20 пФ  горизонтальная развертка – 5 нс – 50 с/дел  точность горизонтальной развертки – 50 ppm |
| Генератор | 33250A | диапазон частот – от 1 мкГц до 80 МГц (для синуса и меандра)  разрешение по вертикали – 12 бит  частота дискретизации – 200 МГц  память – 64 тыс. точек  режимы модуляции – АМ, ЧМ (внешняя и внутренняя)  режим ГКЧ  графический режим для визуального подтверждения установленной формы сигнала |

**ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ:**

Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе, по рекомендованной литературе и конспекту лекций (***Приложение 3***).

Проработать описание данной работы и заготовить в рабочей тетради формы таблиц в соответствии с указаниями к содержанию отчета.

Ознакомиться с метрологическими характеристиками осциллографа TDS-1001B, изучить расположение и назначение всех органов управления (см. руководство по эксплуатации «***Серия TDS1000B и TDS2000B Цифровой запоминающий осциллограф. Руководство по эксплуатации»).***

**ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ:**

Осциллограф – это измерительный прибор, воспроизводящий на экране форму переменного напряжения, и предназначенный для измерения его мгновенных значений и временных параметров.

Для повышения точности измерения параметров импульсного сигнала размер исследуемого элемента импульса должен занимать приблизительно ¾ экрана как по вертикали так и по горизонтали. Для определения параметров используются деления масштабной сетки экрана.

|  |  |
| --- | --- |
| Измерение длительности импульса | Измерение длительности фронта импульса |

**СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ:**

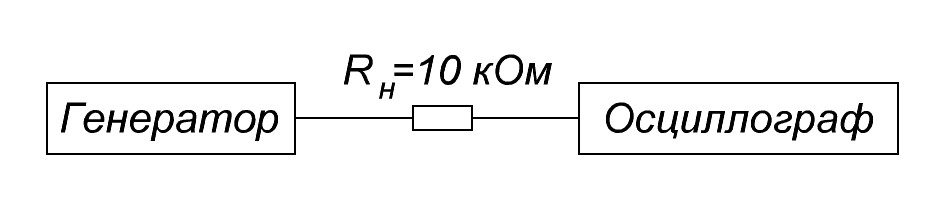


Рисунок 6.1 – Схема измерений

**ПОРЯДОК РАБОТЫ:**

1. **Измерение длительности импульсов.**

Собрать схему измерений. Включить приборы. Установить внутреннее сопротивление генератора равным 10 кОм (Utility\Output Setup\10 kOm). Выбрать форму выходного сигнала – импульс (**Pulse**).

Для установки *периода* сигнала нажмите дважды клавишу **Freq** для переключения в положение **Period**. Используя цифровые клавиши, введите требуемое значение периода, укажите нужные единицы измерения.

Для установки амплитуды нажмите клавишу **Ampl**, используя клавиатуру, введите требуемое значение уровня выходного сигнала, затем нажмите клавишу с обозначением нужных единиц измерения.

Установить амплитуду выходного импульса Um равной 1 В положительной полярности (Utility\Output Setup\Normal. Normal – нормальный, Invert – инвертированный). Период повторения импульсов установить равным T=100 мкс.

Устанавливая последовательно длительности импульсов (для установки нажать программируемую клавишу **Pulse Width**), указанные в таблице 6.1, измерить их с помощью осциллографа.

Для подачи сигнала с генератора нажать клавишу **Output**.

**Внимание! Согласно ГОСТ длительность импульса измеряется на уровне 0,5∙Um.**

Полученные данные занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Полярность импульса | tиг мкс | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 |
| ┌┐ | СX |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| nX |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tио мкс |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Δtи мкс |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

tиг – длительность импульса, установленная по шкале генератора;

tио – длительность импульса, измеренная с помощью осциллографа;

– абсолютная погрешность установки длительности импульсов.

1. **Измерение длительности фронта и среза импульса.**

Установить амплитуду выходного импульса Um равной 2 В, период повторения импульсов T=100 мкс. Устанавливая последовательно значения длительности импульсов, указанные в таблице 6.2, измерить tф и tср с помощью осциллографа.

**Внимание! Согласно ГОСТ измерение tф и tср производится от уровня 0,1∙Um до уровня 0,9∙Um и наоборот.**

Полученные результаты занести в таблицу 2.

Таблица 6.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tиг, мкс | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 5,0 | 10,0 |
| tф, нс |  |  |  |  |  |
| tср, нс |  |  |  |  |  |

tиг – длительность импульса, установленная по шкале генератора;

tф – длительность переднего фронта;

tср – длительность заднего фронта.

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | Черновик с подписью преподавателя |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Наименование работы и ее цель |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Технические данные измерительных приборов, схема измерений |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Результаты измерений, занесенные в таблицы |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Примеры расчетов погрешностей |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Осциллограммы, полученные при выполнении работы, выводы по работе |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Ответы на контрольные вопросы |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Сдача отчета в установленный срок |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Ответы на вопросы при защите |  |  |  |  |  |  |

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что такое фронт и срез импульса?
2. Почему в качестве образцового прибора для поверки генератора 33250 А может быть использован осциллограф TDS-1001B?

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Резистор (сопротивление) – пассивный элемент электрической цепи, характеризуемый сопротивлением электрическому току.

Применяются резисторы чаще, чем любые другие элементы электроники. Они обеспечивают режим смещения транзисторов в усилительных каскадах, позволяют контролировать и регулировать значения токов и напряжений в различных электрических цепях.

Единица измерения сопротивления – Ом. Как и для многих физических величин имеются приставки в сторону увеличения: кило – килоом (тысяча Ом), мега – мегаом (миллион Ом).

Резисторы бывают постоянные, переменные и подстроечные.

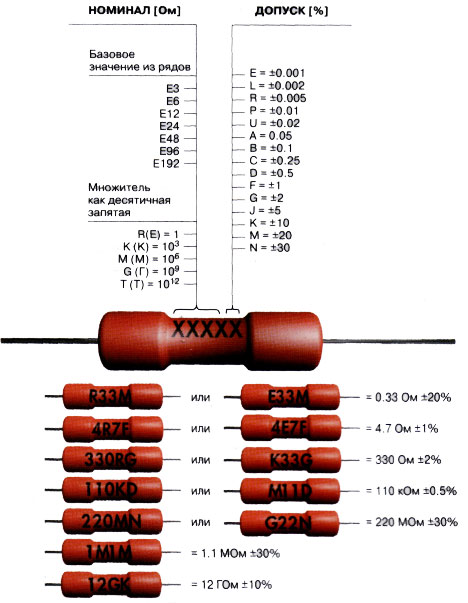
Постоянные резисторы – резисторы, у которых значение сопротивления постоянно и не зависит от внешних воздействий (температуры, света, протекающего через него тока, приложенного напряжения и т.д.), не зависимо от происхождения этих воздействий.

**Маркировка резисторов.**

Резисторы малой мощности по геометрическим размерам малы. Указать на его корпусе трехзначное значение номинала с буквой, или значение с запятой можно, но прочитать надпись будет сложно. Поэтому, пошли на хитрость, при указании номинала вместо десятичной запятой пишут букву, соответствующую единицам измерения (E или R единицы Ом, К - килоом, М - мегаом). Сотни единиц обозначают буквой стоящей впереди цифр. Например:

6K8 обозначает резистор, сопротивлением 6,8 кОм, 3R0 - 3 Ом, а надпись, обозначающая сотни М27 – 0,27 МОм, что соответствует 270 кОм и т. д. Таким образом, количество знаков (цифр и букв) на корпусе резистора сократилось до трёх.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| код | сопротивление | код | сопротивление | код | сопротивление | код | сопротивление |
| R10 | 0,1 Ом | 47R | 47 Ом | 4K7 | 4.7 кОм | M22 | 220 кОм |
| R15 | 0,15 Ом | 68R | 68 Ом | 6K8 | 6.8кОм | M33 | 330 кОм |
| R22 | 0,22 Ом­­ | 100R | 100 Ом | 10K | 10кОм | M47 | 470 кОм |
| R33 | 0,33 Ом | 150R | 150 Ом | 15K | 15кОм | M68 | 680 кОм |
| 4R7 | 4,7 Ом | 220R | 220 Ом | 22K | 22кОм | 1M0 | 1 МОм |
| 6R8 | 6,8 Ом | 330R | 330 Ом | 33K | 33кОм | 1M5 | 1,5 МОм |
| 10R | 10 Ом | 1K0 | 1 кОм | 47K | 47кОм | 2M2 | 2,2 МОм |
| 15R | 15 Ом | 1K5 | 1,5 кОм | 68K | 68кОм | 3M3 | 3,3 МОм |
| 22R | 22 Ом | 2K2 | 2,2 кОм | M10 | 100кОм | 4M7 | 4,7 МОм |
| 33R | 33 Ом | 3K3 | 3,3 кОм | M15 | 150кОм | 6M8 | 6,8 МОм |



Цветовая маркировка резисторов

Так как резисторы круглые, а процессы монтажа на предприятиях, выпускающих радиоаппаратуру, как правило, автоматизированы, то в процессе монтажа резистор может оказаться обращенным надписью к монтажной плате. Чтобы можно было определить номинал с любой стороны резистора, используют маркировку цветными полосками:

- резисторы с точностью 20 % маркируются тремя полосками;

- резисторы с точностью 10 % и 5 % маркируются четырьмя полосками;

- более точные резисторы - пятью или шестью полосками.

Первые две полоски означают первые две цифры номинала. Когда полосок до четырех, то третья полоска означает десятичный множитель, то есть число десять возведённое в степень указанную цветом маркировочной полосы, которое необходимо умножить на число, закодированное первыми двумя полосками.

Когда полосок четыре, то четвёртая указывает точность резистора. Если полосок пять, то третья означает третий знак сопротивления, четвёртая - десятичный множитель, пятая - точность.

Как определить, с какой стороны резистора начинать считывать полоски? Для резистора с четырьмя полосками - золотая или серебряная полоска всегда стоят в конце резистора, указывая его точностью 5 и 10 %. У мелких резисторов с четырьмя и тремя полосками, первой является полоска, нанесённая ближе к краю. В других вариантах необходимо, чтобы получалось значение из номинального ряда, иначе, нужно читать наоборот.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Цвет | Число | Множитель | Точность, % |
| серебристый | нет | 1\*10-2 | 10 % |
| золотой | нет | 1\*10-1 | 5 % |
| черный | 0 | 1 | нет |
| коричневый | 1 | 101 | 1 % |
| красный | 2 | 1\*102 | 2 % |
| оранжевый | 3 | 1\*103 | нет |
| желтый | 4 | 1\*104 | нет |
| зеленый | 5 | 1\*105 | 0,5 % |
| синий | 6 | 1\*106 | 0,25 % |
| фиолетовый | 7 | 1\*107 | 0,1 % |
| серый | 8 | 1\*108 | нет |
| белый | 9 | 1\*109 | нет |

Пример: на резисторе имеются четыре полосы: красная, фиолетовая, коричневая и золотая. Первые две полоски дают 2 и 7, третья 10, четвёртая даёт точность 5 %, итого резистор сопротивлением 27•10 Ом = 270 Ом, с точностью ± 5 %.

Зарубежная маркировка

Американцами принята маркировка тремя цифрами. Первые две обозначают номинал, а третья количество нулей добавляемых к номиналу.

Например:

150 обозначает 15 Ом

561 обозначает 560 Ом

242 обозначает 2400 Ом или 2,4 кОм

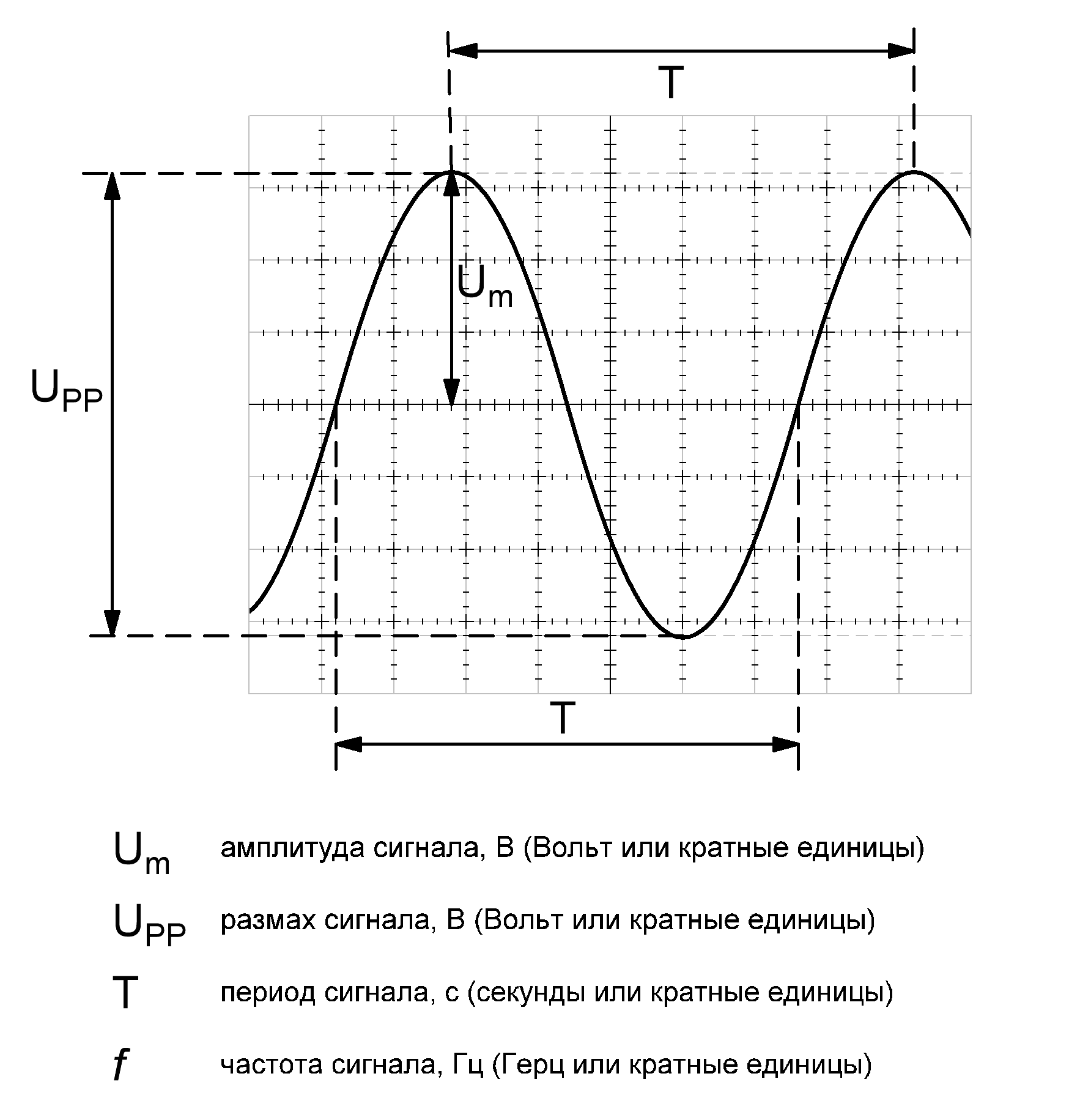
753 обозначает 75000 Ом или 75 кОм

394 обозначает 390000 Ом или 390 кОм

685 обозначает 6800000 Ом или 6,8 МОм

# ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Основные параметры синусоидального колебания.**

****

**Методика измерения параметров сигналов.**

Универсальная методика измерений с помощью осциллографа включает в себя следующие процессы:

1. Определение формы исследуемого сигнала (***см. таблицу***).

Сигнал может быть однополярным, т.е. с амплитудой одной полярности и двухполярные с положительной и отрицательной амплитудами.

1. Установка ручкой регулировки линии развертки ЭО:
   * для положительного однополярного сигнала – внизу экрана, а для отрицательного однополярного сигнала – вверху (на расстоянии не менее одного деления от края);
   * для двухполярного сигнала – по центру экрана.
2. Выбор положения масштабозадающих органов управления ЭО:
   * размер осциллограммы по горизонтали устанавливается переключателем **Время/дел** и тумблером **Развертка** (если он есть) в соответствии с периодом повторения сигнала. Произведение значений, установленных переключателем и тумблером, является ее масштабом;
   * размер осциллограммы по вертикали устанавливается переключателем **Вольт/дел** (в некоторых осциллографах и тумблером **Усилитель**) в соответствии с амплитудой сигнала. Показание переключателя **Вольт/дел** (или произведение значений, установленных переключателем **Вольт/дел** и тумблером **Усилитель**) являются масштабом осциллограммы.

От выбранного масштаба осциллограммы зависит погрешность измерения параметров сигнала.

1. Определение значений конкретных прямых параметров сигнала по осциллограмме и производных вторичных параметров по расчетным формулам, приведенным в таблице
2. Расчет всех прямых параметров сигнала в любой момент времени осциллограммы (по вертикали АВ и по горизонтали АГ) производится по формуле:

где:

***CY(X)*** – цена одного деления масштабной сетки осциллографа по вертикали (горизонтали);

***nY(X)*** – линейный размер параметра сигнала по вертикали (горизонтали) в делениях масштабной сетки.

**Измерение переменного напряжения.**

Для измерения переменного напряжения выполните следующие операции:

1. подайте сигнал на гнездо канала А (1) или гнездо канала Б (2).
2. установите переключатель V/ДЕЛ. так, чтобы сигнал на экране ЭЛТ (электронно-лучевой трубки) занимал около 7 делений (больше 50 % экрана по высоте). Если не выполнить данного действия, то точность измерений многократно снизиться.
3. установите тумблер ~ в положение ~.

**Примечание.** Для низкочастотных сигналов менее 16 Гц используйте положение .

1. установите ручкой УРОВЕНЬ устойчивое изображение. Установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. в положение, при котором на экране наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала.
2. установите ручку ↕ так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень находился в пределах рабочей части экрана. Совместите ручкой ↔ изображение таким образом, чтобы верхний уровень сигнала находился на центральной вертикальной линии.
3. измерьте расстояние в делениях между крайними точками размаха сигнала UPP. Ручка ПЛАВНО переключателя V/ДЕЛ. должна быть установлена в положение ▼.

**Примечание.** Этот метод может быть использован для измерения напряжения между двумя любыми точками сигнала, а не только между пиками.

1. умножьте расстояние, измеренное в п. 6 на показание переключателя V/ДЕЛ.

*Пример 1.* Предположим, что размах сигнала по вертикали составляет 5,8 деления с использованием делителя 1:1 (или просто кабель) и установкой переключателя V/ДЕЛ. на 5.

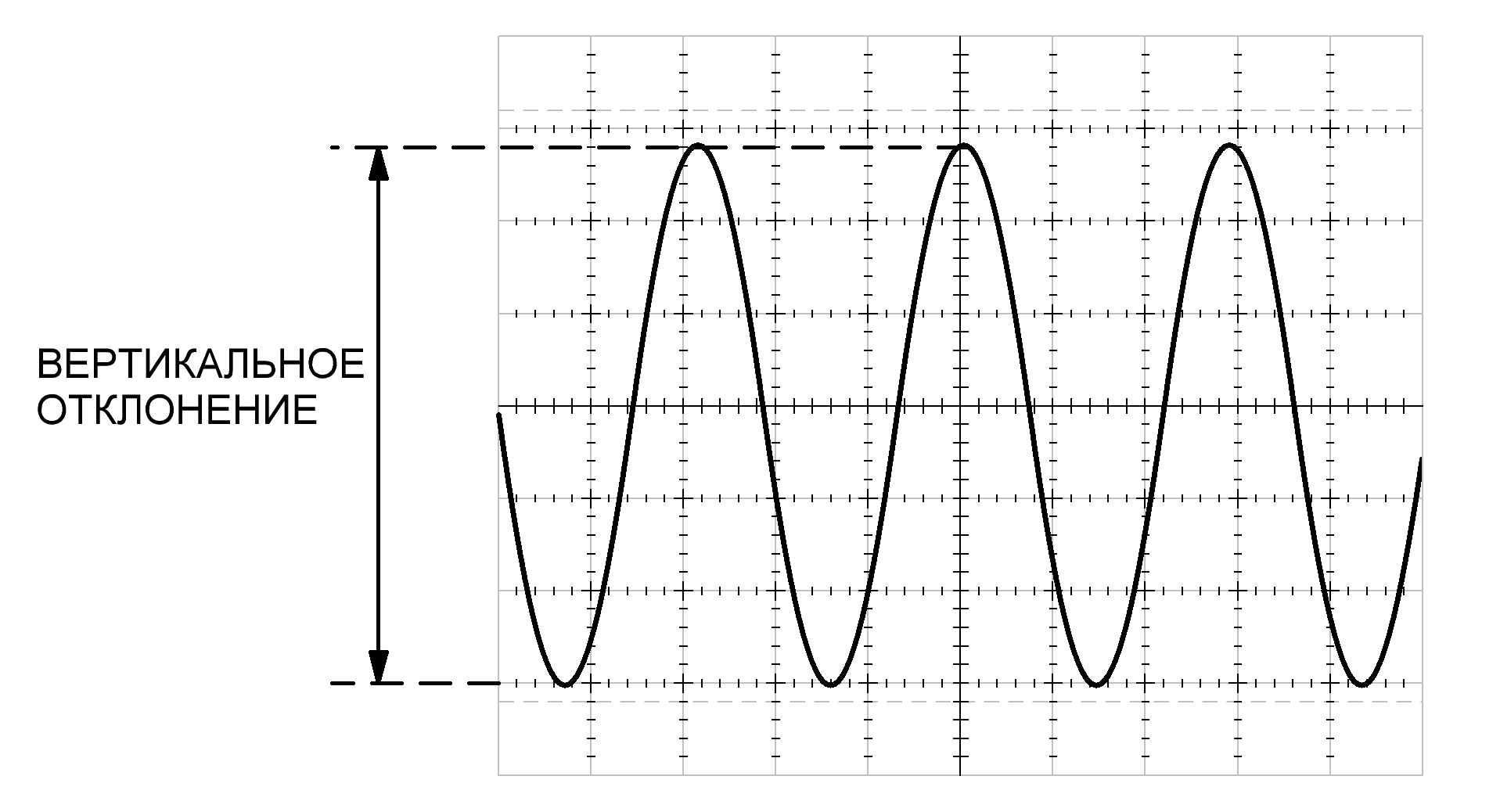


Рисунок 2 – Измерение полного размаха сигнала

Размах сигнала в вольтах будет:

Зная размах сигнала можно вычислить его амплитуду:

*Пример 2.* Предположим, что размах сигнала по вертикали составляет 6,4 деления с использованием делителя 1:10 и установкой переключателя V/ДЕЛ. на 0,5.



Рисунок 3 – Измерение полного размаха сигнала

Размах сигнала в вольтах будет:

Зная размах сигнала можно вычислить его амплитуду:

**Измерение временных интервалов.**

Для измерения длительности сигнала между двумя его точками произведите следующие операции:

1. подайте сигнал на гнездо канал А (1) или гнездо канала Б (2).
2. Установите переключатель V/ДЕЛ. в такое положение, чтобы изображение на экране составило не менее 6 делений.
3. ручкой УРОВЕНЬ установите устойчивое изображение.
4. установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. на наибольшую скорость развертки, при которой расстояние между двумя измеряемыми точками будет меньше 10 делений, т.к. возможна нелинейность изображения в первом и последнем делениях шкалы.
5. ручкой ↕ переместите изображение таким образом, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились на горизонтальной центральной линии.
6. Ручкой ↔установите изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились в пределах десяти центральных делений сетки.
7. Измерьте горизонтальное расстояние между измеряемыми точками. Ручка ПЛАВНО переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ. должна быть установлена в положение ▼.
8. Умножьте расстояние, измеренное в п. 7 на показание переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ. Если используется умножение развертки, результат умножьте на коэффициент умножения (указан на лицевой панели).

Пример 3. Допустим, что расстояние между измеряемыми точками составляет 6,4 делений, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. установлен на 0,1 мс, растяжка не применяется.

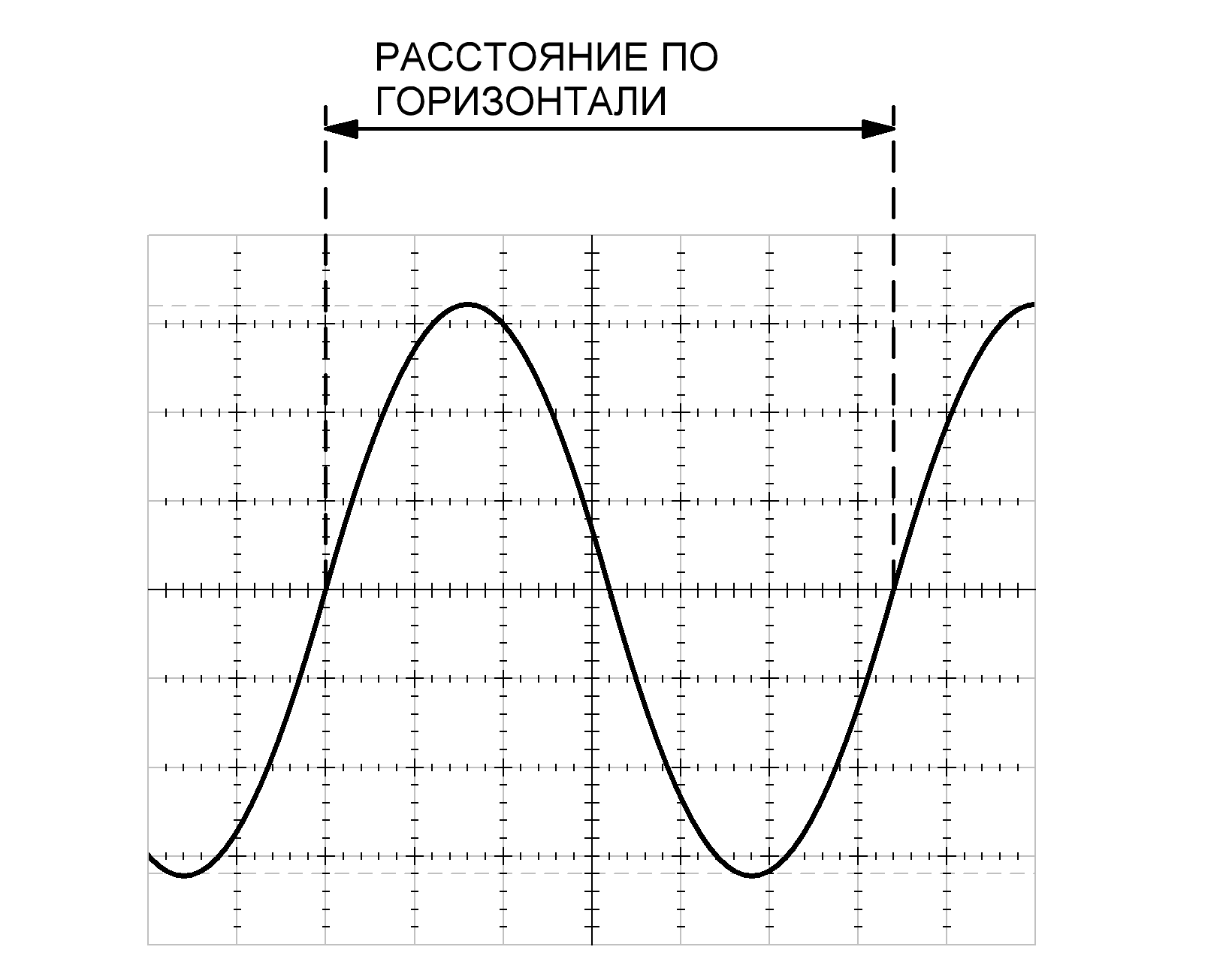


Рисунок 4 – Измерение временного интервала

**Измерение частоты.**

Частоту периодических сигналов можно измерить следующим образом:

1. измерьте длительность одного периода сигнала, как это описано в п. «Измерение временных интервалов».
2. частота сигнала является величиной обратной длительность одного периода.

*Пример 4.* Частота сигнала, показанного на рисунке 4 с длительностью периода 0,64 мс, будет равна:

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**Основные виды и параметры импульсных сигналов.**

**Сигнал** – это физический процесс, способный нести информацию, при этом одно и то же информационное сообщение может быть реализовано с помощью различных физических процессов. Важно лишь то, что информация может быть сосредоточена только в изменениях параметров физических процессов.

Сигналы, непрерывные во времени и произвольные по величине называются аналоговыми сигналами, соответственно и электронную аппаратуру, воспроизводящую и обрабатывающую такие сигналы называют аналоговой. Ниже на рисунке представлен простейший пример такого сигнала:

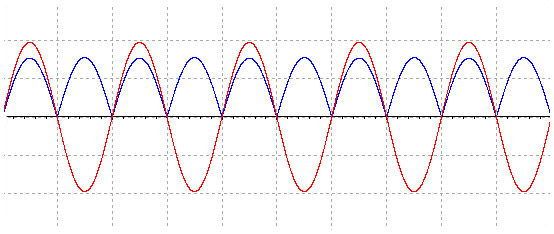


Рисунок 1 – Пример аналогового сигнала

В современной цифровой электронике, в вычислительной и импульсной технике используются импульсные сигналы различной формы.

Под **электрическим импульсом** понимается кратковременное отклонение амплитуды напряжения или тока от его установившегося значения. Основной способ получения электрического импульса - это коммутация цепей постоянного тока. В цифровых и аналого-цифровых устройствах наибольшее распространены импульсные сигналы следующей формы:

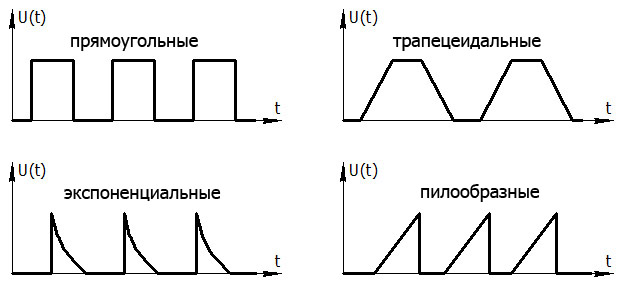


Рисунок 2 – Примеры импульсных сигналов

**Параметры импульсной последовательности.**

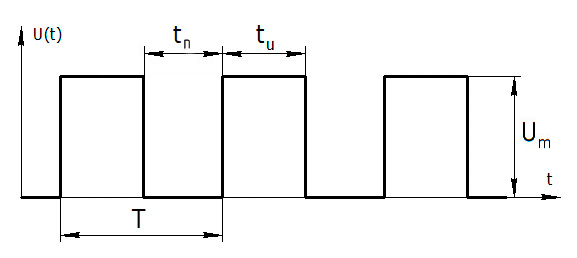


Рисунок 3 – Параметры импульсной последовательности

**T** – период импульса – интервал времени между началами или окончаниями 2-х импульсов; Величина обратная периоду, называется частотой следования или частотой повторения импульсов:

**Um** – амплитуда напряжения – максимальное значение импульса данной формы;

**tu** – длительность импульса – временной интервал, измеренный на уровне половины от амплитуды импульса Um, для трапецеидальных и экспоненциальных tu берется на уровне 0.5·Um.

**tп** – длительность паузы – временной интервал, измеренный на уровне половины от амплитуды импульса Um, для трапецеидальных и экспоненциальных также tu берется на уровне 0.5·Um.

**Q** – скважность, измеряется в относительных единицах, показывает во сколько раз период импульса больше его длительности.

**D** – коэффициент заполнения импульсной последовательности – величина, обратная скважности, она всегда меньше единицы.

Важной характеристикой импульсной последовательности является понятие среднего напряжения или тока – **Uср**, это понятие характеризует постоянную составляющую, имеющуюся в той или иной последовательности импульсов, поэтому накладывает важные ограничения на выбор и проектирование аппаратуры:

**Параметры реального прямоугольного импульса.**

На практике форма импульсов отличается от представленных выше. Это связано с тем, что в реальной электрической цепи на форму импульсов оказывают влияние паразитные емкости, индуктивности и т.д. Ниже на рисунке представлен реальный прямоугольный импульс с его основными характеристиками.

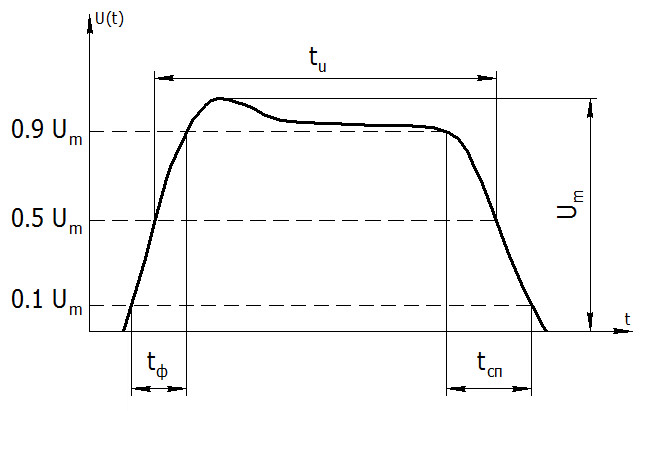


Рисунок 3 – Основные параметры прямоугольного импульса

**Um** – амплитуда напряжения – максимальное значение импульса данной формы;

**tu** – длительность импульса – временной интервал, измеренный на уровне половины от амплитуды импульса Um, для трапецеидальных и экспоненциальных также tu берется на уровне 0.5·Um.

**tф, tсп** – передний и задний фронт – время нарастания и спада импульса;

**tф** – время нарастания переднего фронта – временной интервал, в течении которого амплитуда импульса Um увеличивается от 0.1·Um до 0.9·Um;

**tсп** – время спада заднего фронта – временной интервал, в течении которого амплитуда импульса уменьшается;

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Сигов А.С Электрорадиоизмерения: Учебник/ Нефедов В.И., А.С.Сигов, В.К. Битюков, Самохина Е.В. – М.: Форум 2012г
2. Шишмарев В.Ю., Шанин В.И. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие /Шишмарев В.Ю., Шанин В.И. – М.% Академия, 2011г
3. Шишмарев В.Ю. Средства измерений : Учебное пособие/ Шишмарев В.Ю. – М., Академия, 2011г

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Боридько С.И., Дементьев Н.В., Тихонов Б.Н., Ходжаев И.А. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : Учебное пособие / С.И. Боридько - М.: Горячая линия – Телеком 2013г.
2. Хромоин П.К. Электротехнические измерения: Учебное пособие/П.К.Хромоин. - М.: Форум, 2013г.

**ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ:**

1. Znanium.com
2. Knigarund.ru
3. Biblioclub.ru