

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

СРЕДСТВА СЪЕМА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПОДВЕДЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
дневной формы обучения*

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
<http://e.biblio.bru.by/>



Могилев 2018

УДК 615.8
ББК 53.54
С 75

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «21» июня 2018 г.,
протокол № 12

Составитель д-р физ.-мат. наук, проф. В. И. Борисов

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» дневной формы обучения.

Изложены цели и задания для проведения лабораторных работ и приведены описания лабораторных установок.

Учебно-методическое издание

СРЕДСТВА СЪЕМА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПОДВЕДЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ответственный за выпуск С. С. Сергеев

Технический редактор С. Н. Красовская

Компьютерная верстка М. М. Дударева

Подписано в печать . Формат 60x84/16 . Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. Тираж 16 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018



Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Инструктаж по технике безопасности при работе с приборами оптической и лазерной медицинской техники.....	4
2 Лабораторная работа № 2. Датчики давления.....	5
3 Лабораторная работа № 3. Измерение скорости и ускорения.....	7
4 Лабораторная работа № 4. Измерение скорости потоков жидкости и газа.....	9
5 Лабораторная работа № 5. Измерение вибрации.....	10
6 Лабораторная работа № 6. Измерение диэлектрической проницаемости твердого материала.....	12
7 Лабораторная работа № 7. Интеграция датчика в компьютерную систему.....	16
8 Лабораторная работа № 8. Интерфейсы подключения датчиков	19
9 Лабораторная работа № 9. Измерение показателя преломления твердых и жидких материалов.....	22
Список литературы.....	23



1 Лабораторная работа № 1. Инструктаж по технике безопасности при работе с приборами медицинской техники

Цель работы

- 1 Изучить правила техники безопасности труда при проведении лабораторных работ.
- 2 Усвоить основные правила эксплуатации медицинских приборов.

Основные положения

При работе с приборами оптической и лазерной техники имеются некоторые общие правила, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию и охрану труда [1, 2].

Каждый прибор должен иметь паспорт и инструкцию по эксплуатации, которыми руководствуется обслуживающий персонал. Без изучения инструкции пользоваться приборами, установками, комплексами запрещается. Перед включением в сеть проверяется наличие заземления, а коммутирующие и регулирующие устройства выставляются в исходное состояние.

Работа в лаборатории проводится под наблюдением преподавателя и инженера лаборатории. При этом к каждой лабораторной установке должен быть обеспечен свободный доступ: не допускается загромождение проходов, хождение студентов и посторонних лиц во время занятий.

Руководитель эксперимента и испытаний должен проинструктировать перед началом эксперимента каждого участника о правилах безопасной эксплуатации данной установки и проверить наличие защитных устройств. Все участники эксперимента должны вести себя так, чтобы не создавать опасные ситуации.

Перед включением все участники извещаются об этом, например, фразами: «Включаю установку», «Подаю напряжение» и т. д. По окончании эксперимента устройство должно быть отключено и надежно защищено от повторного включения.

В лабораторном практикуме имеются два вида опасности. Первый вид связан с применением электрических приборов и возможностями поражения электрическим током, а второй – с использованием лазерных приборов.

Методика выполнения работы

Приступая к выполнению работы, студент обязан ознакомиться с порядком ее проведения, с правилами безопасности работы на данном лабораторном стенде (оборудовании).

Эксплуатация приборов (оборудования) должна производиться только в присутствии преподавателя (лаборанта). Все работы необходимо выполнять, не касаясь токоведущих частей. При проведении экспериментов на рабочем месте не должны находиться посторонние предметы.

По окончании работ в лаборатории приборы (оборудование) приводятся в первоначальное состояние, инструкции сдаются лаборанту. Должен проводиться обязательный осмотр всех рабочих мест с отключением всех цепей питания и освещения.

Содержание отчета

Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Почему переменный электрический ток более опасен по сравнению с постоянным?
- 2 Каким образом необходимо освобождать человека, попавшего под воздействие электрического тока?
- 3 В каком случае пораженному электрическим током необходимо проводить искусственное дыхание?
- 4 В каком случае пораженному электрическим током необходимо проводить закрытый массаж сердца?
- 5 До какого момента необходимо проводить оказание первой помощи пораженному электрическим током?
- 6 Почему лазерное излучение, попадающее в глаз, имеет более опасное последствие по сравнению с излучением, попавшим на кожные покровы?
- 7 Какие защитные мероприятия необходимо предпринимать при работе с лазерами?

2 Лабораторная работа № 2. Датчики давления

Цель работы

- 1 Изучить принципы построения датчиков давления.
- 2 Получить практические навыки измерения артериального давления с помощью полуавтоматического и ручного тонометров фирмы «MICROLIFE».

Основные положения

Датчик давления состоит из первичного преобразователя давления, в составе которого чувствительный элемент – приемник давления, схемы вторичной обработки сигнала, различных по конструкции корпусных деталей, в том числе для герметичного соединения датчика с объектом и защиты от внешних воздействий и устройства вывода информационного сигнала [3]. Основными отличиями одних приборов от других являются пределы измерений, динамические и частотные диапазоны, точность регистрации давления, допустимые условия эксплуатации, массогабаритные характеристики, которые зависят от принципа преобразования давления в электрический сигнал.



Принцип работы тензорезистивных датчиков давления базируется на принципе изменения сопротивления при деформации тензорезисторов, приклеенных к упругому элементу, который деформируется под действием давления.

Принцип работы пьезорезистивных датчиков давления основан на интегральных чувствительных элементах из монокристаллического кремния. Кремниевые преобразователи имеют высокую чувствительность благодаря изменению удельного объемного сопротивления полупроводника при деформировании давлением.

Принцип работы емкостных датчиков давления основан на зависимости изменения электрической ёмкости между обкладками конденсатора и измерительной мембраны от подаваемого давления. Основным преимуществом ёмкостного датчика является то, что мембрана восстанавливает исходную форму, при этом дополнительная калибровка датчика не требуется. При этом обеспечивается высокая стабильность метрологических характеристик, уменьшение влияния температурной погрешности.

В основе работы резонансных датчиков давления лежит изменение резонансной частоты колеблющегося упругого элемента при деформировании его силой или давлением. Это и объясняет высокую стабильность датчиков и высокие выходные характеристики прибора. К недостаткам можно отнести индивидуальную характеристику преобразования давления, значительное время отклика, невозможность проводить измерения в агрессивных средах без потери точности показаний прибора.

Принцип работы пьезоэлектрических датчиков давления основан на использовании прямого пьезоэлектрического эффекта, при котором пьезоэлемент генерирует электрический сигнал, пропорциональный действующей на него силе или давлению. Пьезоэлектрические датчики используются для измерения быстроменяющихся акустических и импульсных давлений, обладают широкими динамическими и частотными диапазонами, имеют малую массу и габариты, высокую надежность и могут использоваться в жестких условиях эксплуатации.

Методика проведения работы

Упражнение 1. Провести измерение артериального давления с помощью ручного тонометра у всех студентов бригады.

Упражнение 2. Провести измерение артериального давления с помощью полуавтоматического тонометра у всех студентов бригады.

Содержание отчета

1 Результаты измерений артериального давления.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое давление?
- 2 Какие типы датчиков давления Вам известны?
- 3 Какие способы измерения артериального давления Вам известны?
- 4 Какие принципы построения ручных, полуавтоматических и автоматических тонометров артериального давления Вам известны?

3 Лабораторная работа № 3. Измерение скорости и ускорения

Цель работы

- 1 Изучить физические принципы построения акселерометров и датчиков скорости.
- 2 Получить практические навыки работы с акселерометром ADXL343 фирмы Analog Devices.

Основные положения

Акселерометр – это прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Как правило, акселерометр представляет собой чувствительную массу, закреплённую в упругом подвесе. Отклонение массы от её первоначального положения при наличии кажущегося ускорения несёт информацию о величине этого ускорения [3].

По конструктивному исполнению акселерометры подразделяются на однокомпонентные, двухкомпонентные, трёхкомпонентные. Соответственно, они позволяют измерять ускорение вдоль одной, двух и трёх осей.

Некоторые акселерометры также имеют встроенные системы сбора и обработки данных. Это позволяет создавать завершённые системы для измерения ускорения и вибрации со всеми необходимыми элементами.

Акселерометр может применяться как для измерения проекций абсолютного линейного ускорения, так и для косвенных измерений проекции гравитационного ускорения. Первое свойство используется для создания инерциальных навигационных систем, где полученные с помощью акселерометров измерения интегрируют, получая инерциальную скорость и координаты носителя. Таким образом, акселерометры, наравне с гироскопами, являются неотъемлемыми компонентами систем навигации и управления самолётов, ракет и других летательных аппаратов, кораблей и подводных лодок. Второе свойство позволяет использовать акселерометры для измерения уклонов, т. е. в качестве инклинометров.

Акселерометр в промышленной вибродиагностике является вибропреобразователем, измеряющим виброускорение в системах неразрушающего контроля и защиты.

Акселерометры используют в системах управления жестких дисков компьютеров для активации механизма защиты от повреждений, которые могут

быть получены в результате ударов и падений: реагируя на внезапное изменение ускорения, система отдаёт команду на парковку головок жесткого диска, что позволяет предотвратить повреждение диска и потерю данных. Такая технология защиты используется в основном в ноутбуках, нетбуках и на внешних накопителях.

Акселерометры, встроенные в автомобильные видеорегистраторы, различают тревожные события, такие как резкое торможение, ускорение, столкновение, резкие повороты и вращение. Эти события записываются видеорегистраторами в отдельный файл, помечаются специальным маркером и защищаются от случайного стирания и перезаписи.

В устройствах управления игровых приставок акселерометры используются для управления в играх без использования кнопок, а путём поворотов в пространстве, встряхиваний и т. д. Например, акселерометр присутствует в игровых контроллерах Wii Remote и PlayStation Move.

Кроме того, цифровые акселерометры нашли широкое применение в мобильных устройствах, например, телефонах, планшетных компьютерах и т. д. Благодаря акселерометрам осуществляется управление положением изображения на мониторе мобильного устройства и отслеживание его ориентации относительно направления постоянно действующей силы гравитации Земли.

Порядок проведения лабораторной работы

В работе используется трехкомпонентный цифровой акселерометр ADXL343 фирмы Analog Devices, у которого имеется возможность подключения к компьютеру через шины I²C, SPI.

Привести в механический контакт акселерометр к корпусу электропривода для управления закрылками самолета ТУ-134 и измерить виброускорение в различных точках корпуса при разных режимах работы электропривода.

Содержание отчета

- 1 Схема установки вибродатчика на экспериментальном образце.
- 2 Результаты измерения виброускорений.

Контрольные вопросы

- 1 Чем акселерометр отличается от измерителя скорости?
- 2 Какие типы конструкций акселерометров Вам известны?
- 3 Чем аналоговые акселерометры отличаются от цифровых?
- 4 Как подключить аналоговый акселерометр к компьютеру?
- 5 В каких устройствах используются акселерометры?



4 Лабораторная работа № 4. Измерение скорости потоков жидкости и газа

Цель работы

- 1 Изучить принципы работы и конструктивные особенности расходомеров жидкости и газов.
- 2 Получить практические навыки при работе с расходомером жидкости и определения скорости ее движения.

Основные положения

Количество жидких и газообразных сред определяется их массой или объемом. Расходом называют количество жидкой или газообразной среды, протекающей через данное сечение канала в единицу времени. Массовый расход измеряется в килограммах в секунду (кг/с), а объемный – в кубометрах в секунду (м³/с) [3].

Средства измерений расхода жидкости или газа называют *расходомерами*.

Путем интегрирования результатов непрерывного измерения расхода можно определять количество жидкости или газа, прошедшее через расходомер за интервал времени. А скорость жидкости или газа можно определить путем деления объемного расхода на время и площадь поперечного сечения трубы, по которой движется жидкость или газ.

Путем измерений расхода и количества в медицине и физиологии определяют оценки важнейших показателей состояния человека, например объем циркулирующей крови, минутный и систолический (ударный) объем крови, сердечный и систолический индексы и другие показатели при исследовании системы кровообращения. Кроме того измерения расхода и количества жидких сред применяют в некоторых терапевтических аппаратах и аппаратах искусственного кровообращения.

Измерения расхода и объема газов широко используются в настоящее время для оценки состояния систем дыхания человека, а также в наркозных аппаратах и аппаратах для искусственной вентиляции легких.

Измерение расхода жидкости и газов осуществляется в некоторых трубах, которые могут представлять сосуды или трубопроводы (камеры) расходомеров. Для получения корректных результатов измерений необходимо учитывать режимы течения жидкости или газа по трубе.

Порядок проведения лабораторной работы

С помощью резинового шланга, подсоединенного к входному патрубку расходомера воды, подключить расходомер к крану водопровода.

При трех разных режимах напора воды в течение 5 минут определить расход воды.



Измерить внутренний диаметр входного резинового шланга и по измеренному расходу воды определить ее скорость для всех случаев.

Содержание отчета

- 1 Схема экспериментальной установки.
- 2 Расчетные данные по скорости воды.

Контрольные вопросы

- 1 Какие способы измерения скорости жидкости и газа Вам известны?
- 2 Как классифицируются расходомеры жидкости и газа?
- 3 Для каких задач используются в медицине измерители скорости и расходомеры?
- 4 Как с помощью расходомера можно измерить скорость жидкости или газа?

5 Лабораторная работа № 5. Измерение вибрации

Цель работы

- 1 Изучить методы и параметры, используемые при шумовой вибродиагностике.
- 2 Изучить устройство и технические возможности шумомера 00023.

Основные положения

Вибрации, создаваемые различными машинами и механизмами в основном носят случайный характер, т. к. часть акустических колебаний не успевает испытать полное затухание за характерный период вращения кинематических пар [4]. Поэтому в акустический сигнал, как правило, большой вклад вносит шумовая составляющая. Анализом шумов, производимых механизмами, занимается особый вид вибродиагностики. Его особенностью является то, что датчики, которые воспринимают вибрации, устанавливаются не на корпусе машин, а регистрируют звуковые колебания, передаваемые работающей машиной по воздуху. В качестве датчиков используют измерительные микрофоны. В отличие от виброскорости, виброперемещения и виброускорения в диагностике шума используются следующие параметры: уровень звукового давления L и уровень звуковой мощности L_w . Оба эти параметра измеряются в децибелах (dB).

$$L_w = 10 \cdot \lg \left(\frac{W}{W_0} \right),$$

где W – мощность измеряемого звука;

W_0 – мощность вблизи порога слышимости человеческого уха, равная 10^{-12} Вт.

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right),$$

где P – измеряемое звуковое давление;

P_0 – звуковое давление вблизи порога слышимости «усредненного» человеческого уха, равное $2 \cdot 10^5$ Па.

При шумовой диагностике измеряют в простейшем случае полный уровень звукового давления или звуковой мощности акустического шума. Однако такое измерение не дает представления ни о распределении частот шума, ни о его восприятии человеком. Поэтому в аппаратуру для измерения акустического шума вводят корректирующие фильтры, частотные характеристики которых обозначаются А, В, С и D. Характеристика А в наибольшей степени приближает измерение акустического сигнала к восприятию звука человеком. Характеристика В наиболее расширена в области низких частот. Характеристика С в незначительной степени зависит от частоты в области слышимых частот. Частотная коррекция с помощью характеристики D предназначена для измерения авиационного шума.

Наибольшее распространение получили измерительные микрофоны конденсаторной, пьезоэлектрической и электродинамической систем. Приборы для измерения шума (шумомеры) состоят из измерительного микрофона, корректирующих цепей, детектора индикатора, шкала которого проградуирована в децибелах.

В полевых условиях часто используют запись акустического шума на магнитофон. Запись калибруют с помощью электронного сигнала, создаваемого пиктофоном или акустическим калибратором.

Основные характеристики шумомера 00023

Точный импульсный шумомер 00023 – это переносной, независимый от сети прибор для точного определения уровня звукового шума с любой временной характеристикой при учете международного стандарта используемых частот.

Прибор предназначен:

- для всех измерений в рамках борьбы с шумами, акустики помещений и строительной акустики;
- для применения в промышленном производстве и в транспортном деле;
- для исследовательских и разработческих заданий в технике, медицине и других специальных областях.

Шумомер отвечает требованиям следующих стандартов: ГОСТ 17187–71; ГОСТ 17188–71; ГОСТ 17168–71; ГОСТ 17169–71.



С помощью встроенного терц–октавного фильтра возможно проведение анализа в 28 терциевых или октавных полосах. Могут быть также подключены внешние фильтры.

Порядок выполнения работы

В качестве объекта диагноза использовать образец электропривода для поднятия закрылков самолета ТУ-134.

Поместить исследуемый образец электропривода и микрофон в измерительный домик и снять зависимость уровня звукового давления от частоты. Использовать терц-октавные фильтры.

По результатам измерений построить графики, оформить отчет и сделать выводы.

Содержание отчета

- 1 Схема экспериментальной установки.
- 2 График частотной зависимости уровня шума.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое шум?
- 2 Какими параметрами описывается акустический шум?
- 3 В чем особенности шумовой вибродиагностики по сравнению с вибродиагностикой механизмов?
- 4 Какие задачи решает шумовая вибродиагностика?
- 5 Какой принцип работы положен в основу шумомера 00023?

6 Лабораторная работа № 6. Измерение диэлектрической проницаемости твердого материала

Цель работы

- 1 Изучить особенности радиоволновых методов определения диэлектрической проницаемости материалов.
- 2 Научиться измерять диэлектрическую проницаемость листовых диэлектрических материалов.

Общие положения

Диэлектрическая проницаемость материалов является важным параметром, который во многом определяет состав материала и его электрические свойства [5]. В настоящее время изделия из полимерных материалов находят огромное применение в различных областях человеческой



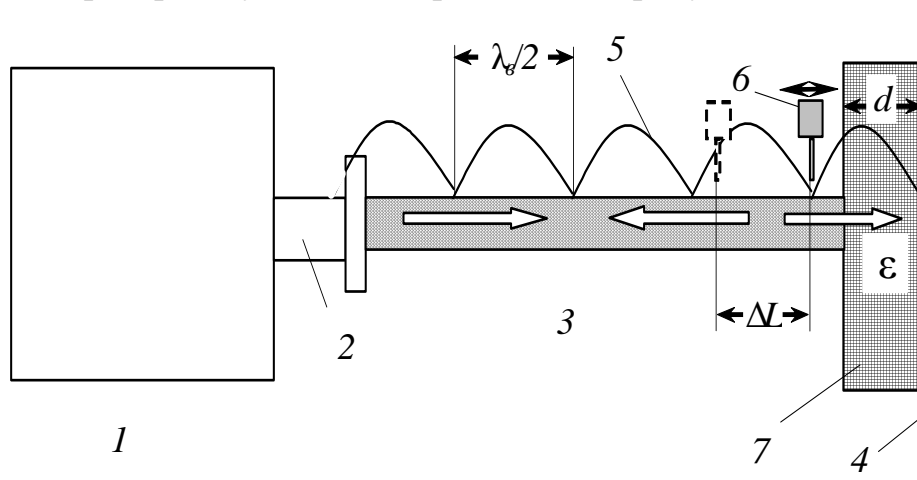
деятельности. При этом уровень контроля таких готовых изделий достаточно высок, что нельзя сказать про контроль технологических параметров при их изготовлении. Поэтому важной задачей является контроль технологических процессов изготовления пластмассовых изделий и материалов.

Наиболее важными технологическими параметрами, требующими контроля, являются влажность всех компонент, вязкость связующего, кинетика твердения, плотность материала на всех стадиях его изготовления, упругие и прочностные характеристики армирующего наполнителя (диаметр волокон, толщины слоев). Все эти параметры можно определить из измерений диэлектрической проницаемости.

Для измерения диэлектрической проницаемости материалов разработано большое количество радиоволновых методов.

6.2 Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки приведена на рисунке 6.1.



1 – СВЧ-генератор Г4-109; 2 – секция полого металлического волновода; 3 – отрезок диэлектрического волновода; 4 – металлическое зеркало; 5 – стоячая СВЧ-волна; 6 – зонд детекторной секции; 7 – объект контроля

Рисунок 6.1 – Схема лабораторной установки

Лабораторная установка работает следующим образом.

СВЧ-излучение от генератора 1 из металлического волновода 2 вводится в одномодовый диэлектрический волновод 3 и отражается от плоского металлического зеркала 4, которое изначально устанавливается вплотную к выходному торцу одномодового диэлектрического волновода 3. СВЧ-излучение практически полностью отражается от плоского металлического зеркала 4, и в результате интерференции падающего на зеркало 4 и отраженного от него излучения в одномодовом диэлектрическом волноводе 3 образуется стоячая волна 5, период которой равен половине длины волны в волноводе λ_g . Так как в работе используется одномодовый диэлектрический волновод, в котором

электромагнитная волна распространяется в виде основной моды с эффективным показателем преломления $n_{эф}$, то эта волна проникает в граничную с волноводом среду в виде неоднородной волны, амплитуда которой экспоненциально уменьшается при удалении от поверхности волновода, в результате чего вблизи поверхности волновода также образуется стоячая волна с тем же периодом, что и в волноводе. Использование в качестве отражателя СВЧ-излучения плоского металлического зеркала 4 приводит к тому, что узел стоячей волны всегда располагается на поверхности зеркала, от которой отражается излучение. Для регистрации распределения излучения в стоячей волне вблизи поверхности волновода устанавливается антенна-зонд детекторной секции б в такое положение, где наблюдается узел стоячей волны. Эта антенна имеет возможность перемещаться контролируемым образом вдоль продольной оси волновода.

Затем между выходным торцом волновода и металлическим зеркалом располагается контролируемый образец с неизвестной диэлектрической проницаемостью ε и известной толщиной d . Он устанавливается таким образом, что одна его поверхность располагается вплотную к выходному торцу волновода, а другая – вплотную к поверхности плоского металлического зеркала 4. После установки зеркала 4 узлы стоячей волны смещаются в направлении зеркала 4 на расстояние ΔL , которое измеряется перемещением антенны-зонда детекторной секции б. Оптический путь, проходимой СВЧ-волной по волноводу на расстоянии ΔL , равен оптическому пути проходимой волной через контролируемый образец:

$$n_{эф} \Delta L = d \sqrt{\varepsilon} . \quad (6.1)$$

Из этого выражения определяется диэлектрическая проницаемость:

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta L \cdot n_{эф}}{d} \right)^2 . \quad (6.2)$$

В лабораторной работе детекторная секция подключается к мультиметру DT-9208A.

Методика выполнения работы

1 *Определение эффективного показателя преломления волноводной моды диэлектрического СВЧ-волновода.*

Собрать лабораторную установку в соответствии с рисунком 6.1 без установки контролируемого образца. Установить частоту генератора Г4-109 на цифру 10 ГГц и мощность генератора 2 мВт (показания микроамперметра 20 мкА).



Установить зонд детекторной секции таким образом, чтобы он мог перемещаться вдоль продольной оси волновода на расстоянии 1...2 мм от поверхности волновода.

Перемещением зонда детекторной секции установить его в узле стоячей волны (минимум интерференционной картины), расположенном вблизи металлического зеркала. Отметить местоположение этого узла. Затем, перемещая зонд вдоль волновода в направлении к СВЧ-генератору, определить местоположение пятого по счету узла стоячей волны. По результатам измерений определить величину периода стоячей волны Λ .

По измеренному значению периода стоячей волны в миллиметрах определить эффективный показатель преломления волноводной моды по формуле

$$n_{эф} = \frac{15,81}{\Lambda}.$$

2 Определение диэлектрической проницаемости различных материалов.

Собрать лабораторную установку как в предыдущем упражнении.

Перемещением зонда детекторной секции установить его в узле стоячей волны (минимум интерференционной картины), расположенном вблизи металлического зеркала (не обязательно самом близком к зеркалу). Отметить местоположение этого узла. С помощью микрометра или штангенциркуля измерить толщину выбранного экспериментального образца в нескольких местах и определить его среднюю толщину.

Установить экспериментальный образец вплотную к торцу СВЧ-волновода между металлическим отражателем и волноводом. Затем, передвигая зонд измерительной секции по направлению к зеркалу, определить новое местоположение того же самого узла стоячей волны. По двум координатам местоположения узла стоячей волны при отсутствии и наличии контролируемого образца определить величину сдвига стоячей волны ΔL , а затем по формуле (6.2) рассчитать значение диэлектрической проницаемости материала контрольного образца.

Содержание отчета

1 Схема экспериментальной установки.

2 Результаты определения диэлектрической проницаемости контрольных образцов.

Контрольные вопросы

- 1 Какие методы радиоволнового контроля диэлектрической проницаемости Вам известны?
- 2 Что такое стоячая волна?
- 3 Для чего в лабораторной работе необходимо знать значение длины СВЧ-волны в воздухе?
- 4 Чем определяется точность измерения диэлектрической проницаемости материалов в данной лабораторной работе?

7 Лабораторная работа № 7. Интеграция датчика в компьютерную систему

Цель работы

- 1 Исследовать работу аналогового датчика, подключаемого к компьютерной системе через контроллер.

Основные теоретические положения

Постоянное совершенствование электронных микропроцессорных устройств, снижение их стоимости и рост функциональных возможностей позволяют расширять круг решаемых задач. Одно из перспективных направлений – совместное использование датчиков и контроллеров, с помощью которых измерительная информация оцифровывается, выполняется её первичная обработка и передача в компьютерные системы по стандартным каналам связи [6].

В данной работе исследуется аналоговый датчик, подключаемый к контроллеру Arduino Leonardo, созданному на базе микропроцессора Atmel ATmega32U4. Внешний вид контроллера Arduino Leonardo приведен на рисунке 7.1.



Рисунок 7.1 – Внешний вид контроллера Arduino Leonardo

Контроллер Arduino Leonardo имеет 20 цифровых входов-выходов (семь из которых могут использоваться как выходы ШИМ и 12 – как аналоговые входы),

кварцевый генератор на 16 МГц, разъем микро USB, силовой разъем, разъем ICSP, кнопку перезагрузки.

Для работы необходимо подключить контроллер к компьютеру посредством кабеля USB либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В качестве аналогового датчика используется потенциометр.

Потенциометр, подключённый к источнику питания (ИП) +5 В, будет выполнять роль делителя напряжения и с его помощью можно плавно изменять напряжение $U_{\text{вых}}$ от 0 до +5 В, которое затем подается на аналоговый вход Arduino (рисунок 7.2).

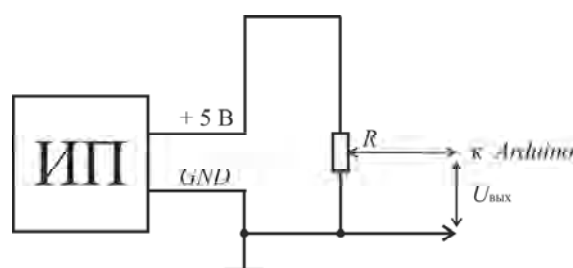


Рисунок 7.2 – Схема подключения потенциометра к источнику питания

Порядок выполнения работы

Присоедините три провода, припаянные к потенциометру, к плате Arduino в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 7.3. Вращение вала потенциометра будет приводить к изменению напряжения на центральном выводе. Когда напряжение между центральным выводом и выводом, подключенным к 5 В, близится к нулю, напряжение на центральном выводе приближается к 5 В. Если повернуть ручку в другую сторону, то сопротивления поменяются местами и напряжение на центральном контакте приблизится к 0 В. Это напряжение является аналоговым сигналом, который поступает на аналоговый вход Arduino.

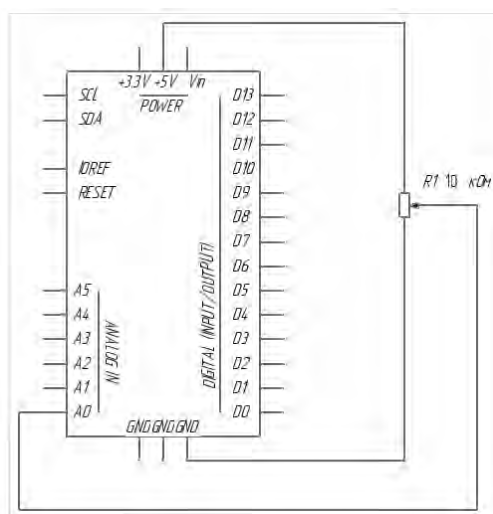


Рисунок 7.3 – Схема подключения потенциометра к контроллеру Arduino

Arduino имеет встроенный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который считывает значения напряжения и преобразовывает их в числа от 0 до 1023.

Если ручка потенциометра повернута до упора в одну сторону, то на вход АЦП подается 0 В и результат преобразования равен 0. Если ручка потенциометра повернута до упора в другую сторону, то на вход АЦП подается 5 В и результат преобразования равен 1023. В промежуточных положениях ручки потенциометра АЦП возвращает число между 0 и 1023, которое пропорционально напряжению на его среднем выводе.

Подключите плату Arduino к ПК через USB-порт.

Запишите программу ReadAnalogVoltage в память контроллера Arduino, переслав её из ПК. В данной программе в функции установки необходимо начать последовательную передачу между Arduino и ПК со скоростью 9600 бит в секунду командой

Serial.begin(9600).

Далее в основном цикле программы следует создать переменную для хранения значения напряжения, которое приходит с потенциометра. Эта переменная может изменяться от 0 до 1023 (лучше всего тип int.).

int sensorValue = analogRead(A0).

Эта информация отразится на мониторе в виде десятичных (DEC) значений. Можно сделать это, используя команду Serial.Println(), с помощью следующей строки кода:

Serial.println(sensorValue, DEC).

Открыв Serial Monitor в среде ArduinoM, можно увидеть поток цифр от нуля до 1023, соответствующих положению ручки потенциометра. Если повернуть ручку, эти показания изменятся почти мгновенно.

Полный текст программы

```

/*
  AnalogReadSerial
  Считывает аналоговые значения с вывода 0, выводит значения на
  монитор.
  */
// установки:
void setup()
{
  // инициализируем последовательную передачу данных со скоростью
  9600 бит в секунду:
  Serial.begin(9600);
}
// основной цикл:
void loop()
{
  // читаем значение на аналоговом входе 0:

```



```

int sensorValue = analogRead(A0);
// выводим на монитор считанное значение:
Serial.println(sensorValue);
delay(1); // задержка в промежутке между считываниями для
стабильности:
}

```

Вращая ручку потенциометра, наблюдайте на экране дисплея ПК поток цифр от 0 до 1023, соответствующих положению ручки потенциометра.

Содержание отчета

Отчет о проделанной работе должен содержать название работы, цель работы, схему подключения потенциометра к Arduino, выводы по результатам экспериментальных исследований.

Контрольные вопросы

- 1 Какова разрядность встроенного в контроллер Arduino АЦП?
- 2 В каком диапазоне изменяется напряжение на выходе потенциометра?
- 3 В каком диапазоне формируется результат преобразования на выходе АЦП?
- 4 На какую величину должно измениться напряжение на входе АЦП, чтобы результат преобразования на выходе АЦП изменился на единицу младшего разряда?

8 Лабораторная работа № 8. Интерфейсы подключения датчиков

Цель работы

- 1 Исследовать передачу данных от дискретного датчика через USB к ЭВМ.

Основные теоретические положения

Ввод сигнала от датчика, подключенного к контроллеру, в компьютерную систему обычно осуществляется по последовательному каналу связи через стандартный COM-порт (RS-232), интерфейс RS-485 или через шину USB [3, 7].

В данной лабораторной работе исследуется передача данных от дискретного датчика, подключенного к контроллеру Arduino Leonardo, к ЭВМ через шину USB.

В качестве дискретного датчика используется кнопка, схема подключения которой к Arduino приведена на рисунке 8.1.



При нажатии кнопки соединяются две точки цепи. Когда кнопка не нажата, нет никакой связи между двумя ее выводами, так что нижний её вывод подключен к общей шине GND через резистор $R1$ и на вывод $D4$ подается сигнал LOW, или логический нуль. При нажатии на кнопку устанавливается соединение между двумя выводами кнопки и на вывод $D4$ подается 5 В, он переходит в состояние HIGH, или логическую единицу.

Если не использовать резистор $R1$ и оставить нижний вывод кнопки неподключенным к шине GND, то напряжение на нем будет изменяться хаотично. Это приведет к случайному формированию на $D4$ напряжения высокого или низкого уровня.

Порядок выполнения работы

Соедините проводниками кнопку, Arduino и резистор в соответствии с рисунком 8.1.

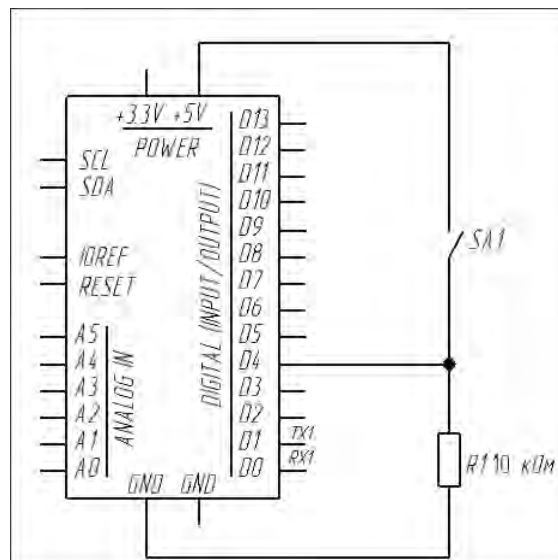


Рисунок 8.1 – Схема подключения кнопки к контроллеру Arduino

Подключите плату Arduino к ЭВМ через USB-порт.

Запишите программу DigitalReadSerial в память контроллера Arduino, переслав её из ЭВМ. В этой программе прежде всего нужно в функции настройки включить последовательную передачу данных между ЭВМ и Arduino со скоростью 9600 бит в секунду следующей строкой:

Serial.begin(9600).

Далее инициализируйте вывод $D4$. Он должен читать состояние кнопки, чтобы быть настроенным как вход:

pinMode(2,INPUT).

Далее, когда установки завершены, следует перейти к основному циклу кода. Когда кнопка нажата, 5 В будут свободно проходить через цепь, а когда она не нажата, вход будет соединен с землей через резистор 10 кОм. Это цифровой вход, следовательно, он может быть только во включенном (читается

Arduino как 1 или HIGH) или в выключенном состоянии (читается Arduino как 0 или LOW). Промежуточных состояний не существует.

Первое, что нужно сделать в основном цикле, – это создать переменную для хранения информации, поступающей от кнопки. Поскольку сигнал, приходящий от кнопки, может иметь только значения 1 или 0, можно использовать целочисленный тип данных `int`. Назовите эту переменную `sensorValue` и присвойте ей значение, равное значению, считанному с входа 2. Это можно сделать с помощью следующей строки:

```
int sensorValue = digitalRead(4);
```

Как только Arduino считывает значение на входе, передайте его в ПК и выведите на экран как десятичное значение. Это можно сделать, используя команду `Serial.println()`, как показано в следующей строке:

```
Serial.println(sensorValue);
```

При открытии монитора последовательной передачи (Serial Monitor в среде Arduino) можно увидеть последовательность нулей, когда кнопка разомкнута, и последовательность единиц, когда кнопка замкнута.

Полный текст программы DigitalReadSerial

```
/* Читает состояние цифрового входа 4, выводит результат на монитор */  
// цифровой вход 4 присоединен к кнопке. Назовем его:
```

```
int pushButton = 4;
```

```
// проведем необходимые установки:
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
// инициализируем последовательную передачу данных со скоростью  
9600 бит в секунду:
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
// назначим вывод 2 входом:
```

```
pinMode(pushButton, INPUT);
```

```
}
```

```
// основной цикл:
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
// читаем значение на входе:
```

```
int buttonState = digitalRead(pushButton);
```

```
// выводим значение на монитор:
```

```
Serial.println(buttonState);
```

```
delay(10); // задержка для стабильного считывания
```

```
}
```

Нажимая или отпуская кнопку, наблюдайте на экране дисплея ЭВМ появление 0 или 1, соответствующих положению кнопки.



Содержание отчета

Отчет о проделанной работе должен содержать название работы, цель работы, схему подключения кнопки к Arduino, выводы по результатам экспериментальных исследований.

Контрольные вопросы

- 1 Какое напряжение соответствует логическому 0?
- 2 Какое напряжение соответствует логической 1?
- 3 Зачем на схеме, приведенной на рисунке 8.1, используется резистор $R1$?

9 Лабораторная работа № 9. Измерение показателя преломления твердых и жидких материалов

Цель работы

- 1 Изучить основные способы измерения показателя преломления жидких и твердых тел и получить практические навыки работы с гониометром ГС-5.
- 2 Научиться определять концентрацию воды в глицерине.

Основные положения

Показатель преломления – одна из важнейших характеристик оптически прозрачных материалов.

Один из способов реализации измерения показателя преломления, который используется практически во всех конструкциях рефрактометров, – применение явления полного внутреннего отражения света на границе раздела двух сред с различными показателями преломления [8]. Как известно, это явление наблюдается при выходе света с более плотной оптической среды в менее плотную.

Для измерения показателя преломления жидкостей в данной лабораторной работе используется гониометр ГС-5.

Методика выполнения работы

Для определения показателя преломления жидкости в работе применяется способ, основанный на прямом измерении критического угла полного внутреннего отражения от границы раздела между измерительной призмой и слоем контролируемой жидкости с помощью гониометра ГС-5 и полупроводникового лазера. Две капли измерительной жидкости наливают на одну из граней трехгранной равносторонней измерительной призмы и на жидкость накладывают гипотенузную грань прямоугольной призмы с целью образования между призмами тонкого слоя контролируемой жидкости. После



этого устанавливают обе призмы на столик гониометра так, чтобы входная грань измерительной призмы располагалась примерно в центре столика. Путем юстировки столика гониометра определяют критический угол полного внутреннего отражения и по нему определяют показатель преломления жидкости, зная показатель преломления измерительной призмы $N = 1,736$.

В завершение работы необходимо провести измерение показателя преломления глицерина и воды и смеси воды с глицерином. Построить линейный градуировочный график зависимости показателя преломления смеси глицерина с водой, по которому найти концентрацию воды в смеси глицерина с водой.

Содержание отчета

- 1 Схема экспериментальной установки.
- 2 Градуировочный график.

Контрольные вопросы

- 1 От чего зависит погрешность определения показателя преломления на используемой в работе экспериментальной установке и как ее можно уменьшить?
- 2 Каковы особенности явления полного внутреннего отражения света?
- 3 Что такое критический угол полного внутреннего отражения света?
- 4 Можно ли с помощью рефрактометров Аббе и Пульриха измерить показатель преломления жидкости больший, чем показатель преломления используемых стеклянных призм?
- 5 Какие приборы используются для измерения показателя преломления?
- 6 Какое физическое явление определяет показатель преломления?
- 7 На чем основано определение концентрации компонент в бинарных смесях жидкостей рефрактометрическим методом?



Список литературы

1 **СПиН 2.2.4.13–2–2006.** Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий. – Минск: Минздрав РБ, 2006. – 45 с.

2 **ГОСТ 12.1–009.** ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

3 **Корневский, Н. А.** Проектирование биотехнических систем медицинского назначения. Средства оценки состояния биообъектов: учебник / Н. А. Корневский, З. М. Юлдашев. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 456 с.

4 **Иванов, В. И.** Акустико-эмиссионная диагностика: справочник. / В. И. Иванов, В. А. Барат. – Москва: Спектр, 2017. – 368 с.

5 **Неразрушающий контроль:** Справочник: в 7 т. Под общ. ред. В. В. Ключева. – (Т. 6: в 3 кн. Кн. 3 Радиоволновой контроль). – Москва: Машиностроение, 2004. – 832 с.

6 **Титов, В. С.** Проектирование аналоговых и цифровых устройств : учебное пособие / В. С. Титов, В. И. Иванов, М. В. Бобырь. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 143 с.

7 **Иванов, В. Н.** Электроника и микропроцессорная техника : учебник / В. Н. Иванов, И. О. Мартынова. – Москва: Академия, 2016. – 288 с.

8 **Физический энциклопедический словарь.** – Москва: Советская энциклопедия, 1983. – 928 с.

