

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент



В.А. Мещеряков

« 1 » февраля 2021 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

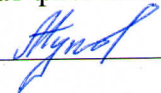
**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ
КОНДЕНСАТОРНЫМ МЕТОДОМ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УДАЛЕННОГО
ДОСТУПА**

по основной образовательной программе подготовки специалиста
по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Атамасова Василия Викторовича

Руководитель ВКР

кандидат физ.-мат. наук, доцент



А.А. Жуков

« _____ » февраля 2021 г.

Автор работы

студент группы № 758



В.В. Атамасов

Томск-2021

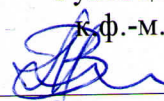
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент

 В.А. Мещеряков
« 21 » сентября 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на подготовку ВКР специалиста
студенту Атамасову Василию Викторовичу группы № 758

1. Тема ВКР: Программно-аппаратные комплексы для измерения диэлектрической проницаемости материалов конденсаторным методом с возможностью удаленного доступа.

2. Срок сдачи студентом выполненной ВКР:

- а) на кафедре 26.01.2021,
б) в ГЭК 04.02.2021.

3. Краткое содержание работы:

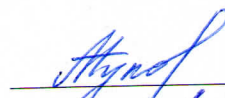
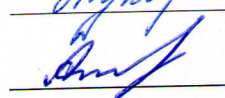
Задание ориентировано на разработку программно-аппаратных комплексов на платформах Agilent E4980A-LabVIEW и Agilent E4285A-LabVIEW для измерения диэлектрической проницаемости материалов на частотах от 20 Гц до 30 МГц. В ходе работы необходимо провести измерения комплексного импеданса конденсаторов и разработать программу в системе Labview для определения спектров диэлектрической проницаемости материалов по результатам измерений. Также необходимо реализовать удаленный доступ к измерительным системам, составить подробные инструкции по применению созданных ВП и подготовить раздел электронного курса Moodle по программированию измерительных приборов в Labview.

4. Календарный график выполнения ВКР:

- | | |
|--|-------------------------|
| а) Изучение литературы | 22.12.2020 – 28.12.2020 |
| б) Разработка и модернизация программ и проведение измерений | 24.12.2020 – 28.12.2020 |
| в) Создание раздела электронного курса и организация удаленного доступа к аппаратуре | 24.12.2020 – 16.01.2021 |
| г) Написание ВКР и сдача в ГЭК, | 12.01.2021 – 04.02.2021 |
| размещение текста ВКР в электронной библиотеке ТГУ | 24.01.2021 – 06.02.2021 |

5. Дата выдачи задания « 18 » сентября 2020 г.

Руководитель ВКР –
канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры
радиоэлектроники
Задание принял к исполнению

Жуков А.А.

Атамасов В.В.

РЕФЕРАТ

Дипломная работа, 39с., 2 гл., 27 рис., 29 источников

LabVIEW, LCR Agilent E4285A, LCR Agilent E4980A

В работе рассмотрена разработка программно-аппаратных комплексов на платформе измерительных установок Agilent E4285A и Agilent E4980A, и среды программирования LabVIEW для измерения диэлектрической проницаемости материалов на частотах от 20 Гц до 30 МГц. Приведены спектры действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости керамических подложек в исследуемом диапазоне частот.

Цель работы – Разработка программно-аппаратных комплексов для измерения диэлектрической проницаемости конденсаторным методом с возможностью удаленного доступа

Работа выполнялась с использованием измерительных установок Agilent E4285A и Agilent E4980A и лицензионной версии LabVIEW 2018.

В результате работы:

- а) изучены принципы и способы измерения комплексной диэлектрической проницаемости;
- б) проведён обзор современных публикаций по теме работы;
- в) изучена среда программирования LabVIEW;
- г) изучены принципы работы измерительных установок Agilent E4285A и Agilent E4980A;
- д) созданы программы для измерения действительной и мнимой части диэлектрической проницаемости образцов с возможностью организации удаленного доступа к аппаратуре;
- е) проведены измерения диэлектрической проницаемости материалов с использованием программно-аппаратных комплексов Agilent E4285A-LabVIEW, Agilent E4980A-LabVIEW и сравнение полученных результатов;
- ж) в системе дистанционного обучения Moodle реализованы разделы, содержащие подробные инструкции по эксплуатации измерительных приборов, а также программное обеспечение, необходимое для проведения измерений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Теоретическая часть	5
1.1 Среда проектирования виртуальных приборов LabVIEW	5
1.1.1 Краткая справка о среде LabVIEW	5
1.1.2 Виртуальные приборы	6
1.2 Комплект измерительного оборудования ЦКП ТГУ	9
1.2.1 Прецизионный измеритель LCR Agilent E4980A.....	9
1.2.2 Прецизионный измеритель LCR Agilent E4285A.....	10
1.3 Емкостной метод измерения диэлектрической проницаемости.....	11
1.3.1 Теоретические основы методики измерения.....	11
1.3.2 Объекты исследования.....	13
2 Практическая часть.....	15
2.1 Реализация программно-аппаратных комплексов	15
2.1.1 Программно-аппаратный комплекс Agilent E4980A-LabVIEW	15
2.1.2 Программно-аппаратный комплекс Agilent E4285A-LabVIEW	18
2.1.3 Программа для обработки результатов.....	21
2.2 Анализ полученных результатов	22
2.3 Организация удаленного доступа	25
2.4 Раздел электронного курса Moodle по программированию измерительных приборов в Labview	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	36
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Справка о внедрении в учебный процесс	39

ВВЕДЕНИЕ

Измерение комплексной диэлектрической проницаемости вещества является важной научно-технической задачей. Развитие науки в настоящее время позволяет проводить исследование электрофизических и магнитных параметров в частотных диапазонах, недоступных ранее для работы [1-3]. Важность и значимость таких исследований особенно показана в области радиоэлектроники для высокоэффективного применения радиоматериалов при проектировании радиоаппаратуры и прогнозирования поведения радиокомпонента на различных частотах [4;5]. Диэлектрическая проницаемость является важнейшим электрофизическим параметром вещества. Для ее измерения в настоящее время широко используются измерители, такие как LCR Agilent E4980A [6;7], GW Instek LCR-78101G [8;9] и Актаком АМ-3001 [10,11].

Благодаря удачному подбору измерительной платформы и программного обеспечения весь процесс становится более автоматизированным, что повышает производительность лабораторного комплекса

Одной из таких программ, которая используется для разработки виртуальных приборов, обеспечения связи измерительных комплексов с компьютером, ввод и обработку исследуемых параметров является среда графического программирования LabVIEW [12;13].

Целью рабы является разработка радиоэлектронных комплексов на платформе Agilent E4285A, Agilent E4980A и среды графического программирования LabVIEW для измерения диэлектрической проницаемости материалов на частотах от 20 Гц до 30 МГц.

Были поставлены следующие задачи:

1. провести измерения комплексного импеданса образцов;
2. разработать программу для определения спектров диэлектрической проницаемости материалов;
3. реализовать удаленный доступ к измерительным системам;
4. составить подробные инструкции по применению созданных виртуальных приборов;
5. подготовить раздел электронного курса Moodle по программированию измерительных приборов в Labview.

1 Теоретическая часть

1.1. Среда проектирования виртуальных приборов LabVIEW

1.1.1. Краткая справка о среде LabVIEW

LabVIEW это среда создания прикладных программ, выпущенная фирмой National Instruments (США). В ней используется язык графического программирования. Для его освоения не требуется знания традиционных текстовых языков программирования. LabVIEW (рисунок 1) предоставляет большой спектр возможностей для проведения вычислений и математического моделирования. В этом плане среда LabVIEW конкурирует с такими известными системами компьютерной математики, как MATLAB, MathCAD, Mathematica.

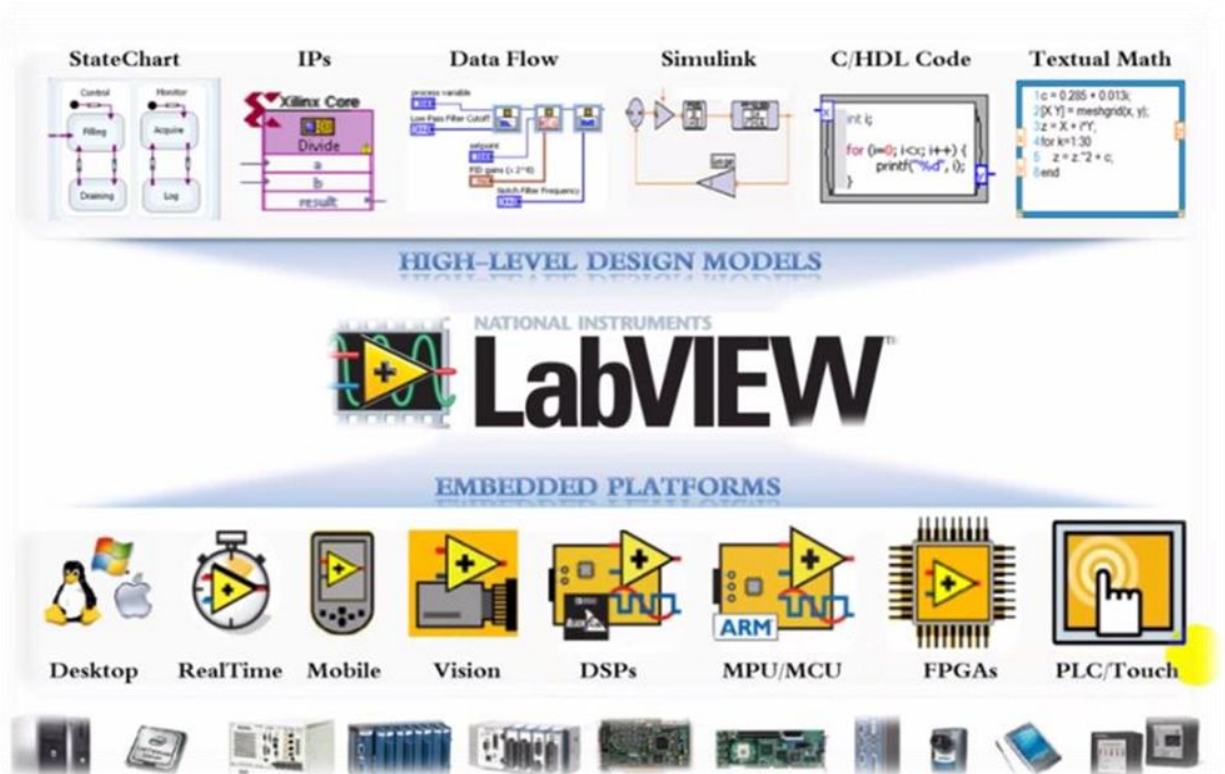


Рисунок 1. Среда графического программирования LabVIEW

Наиболее часто LabVIEW используется при создании приборов и систем для измерений физических величин в научных экспериментах, лабораторных и промышленных установках. Важным достоинством LabVIEW является возможность управления процессом измерения в автоматическом или интерактивном режиме. Для обработки и анализа данных используется большой

набор функциональных библиотек (общего назначения и специализированных). Взаимодействие с исследователем или оператором осуществляется с помощью продуманного и простого в программировании графического интерфейса. С помощью программ-драйверов LabVIEW эффективно взаимодействует с различными платами ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов, модулями ввода видеосигналов, а также со специализированными модульными приборами (осциллографы, анализаторы спектра, генераторы сигналов и т.д.). Благодаря этому данная среда программирования является популярной во всем мире, что доказывает большое количество публикаций. На рисунке 2 показаны результаты литературного поиска по запросу «LabVIEW» в базах публикаций IEEE, Web of Science и Elibrary.

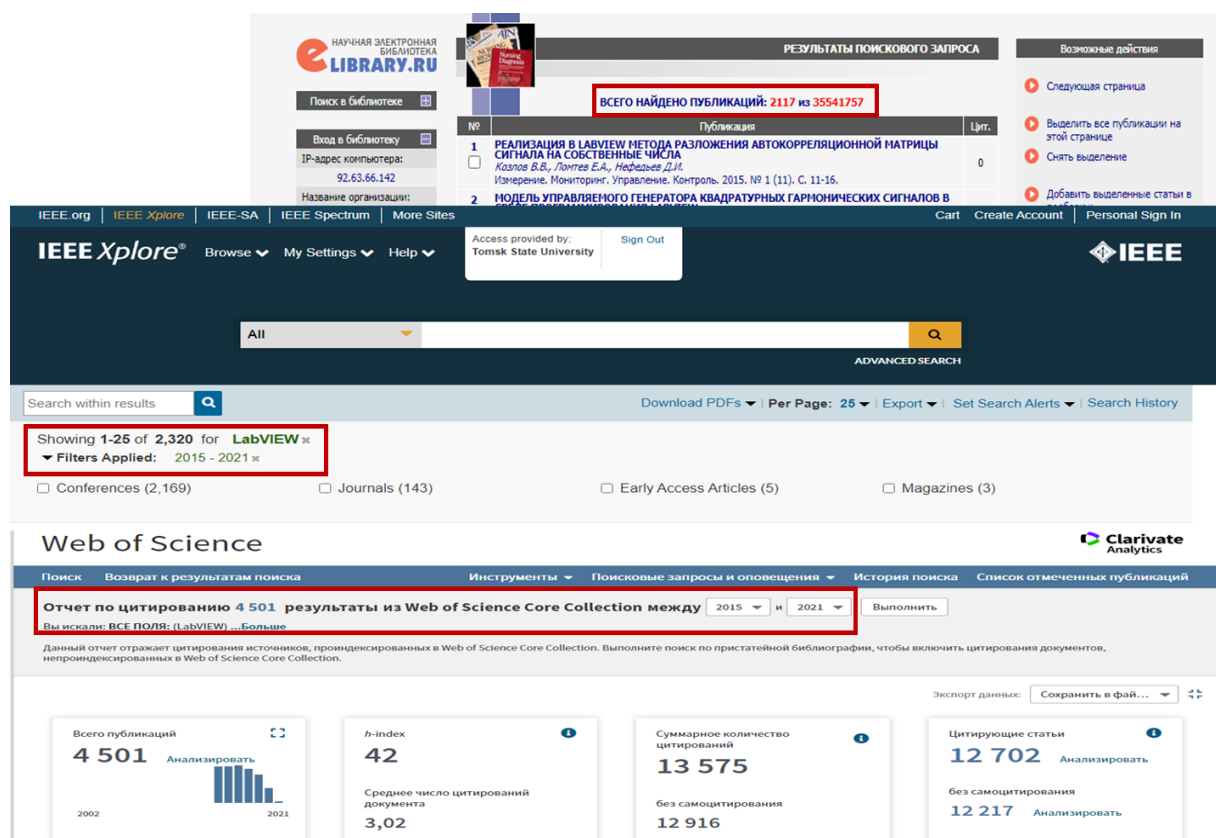


Рисунок 2. Литературный обзор по запросу «LabVIEW»

1.1.2. Виртуальные приборы

Программы, созданные в среде LabVIEW, по своему функционалу и внешнему виду похожи на реальные приборы из-за этого их принято называть

виртуальными приборами (ВП).

LabVIEW содержит все необходимые инструменты для осуществления сбора данных их анализа и дальнейшего представления, передачи и хранения [14;15]. Пример создания ВП приведен на рисунке 3.

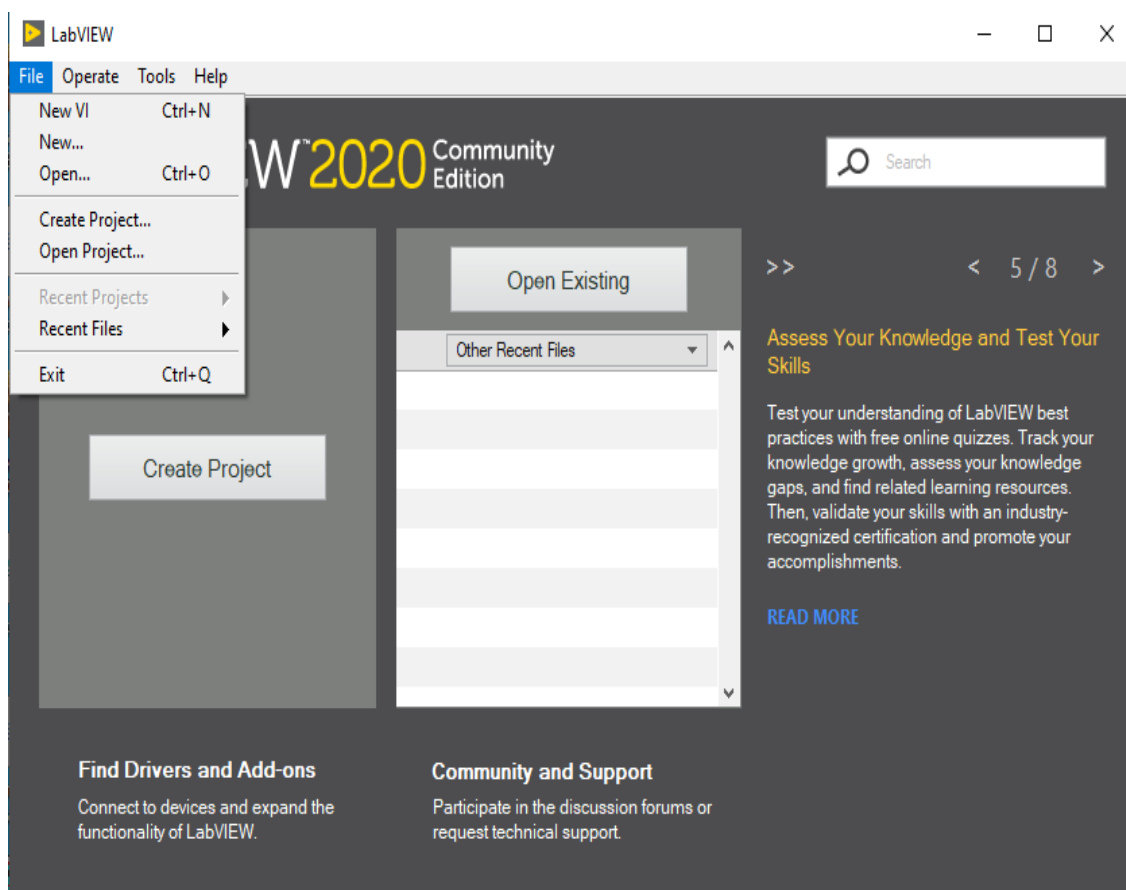


Рисунок 3 – Создание виртуального прибора в LabVIEW

Конструктивно ВП состоит из двух основных частей:

а) лицевая панель

Лицевая панель (front panel) – задает пользовательский интерфейс ВП (рисунок 4). На ней чаще всего расположены элементы управления (controls), которые используются для ввода данных, и индикаторы (indicators), используемые для вывода результатов работы программы.

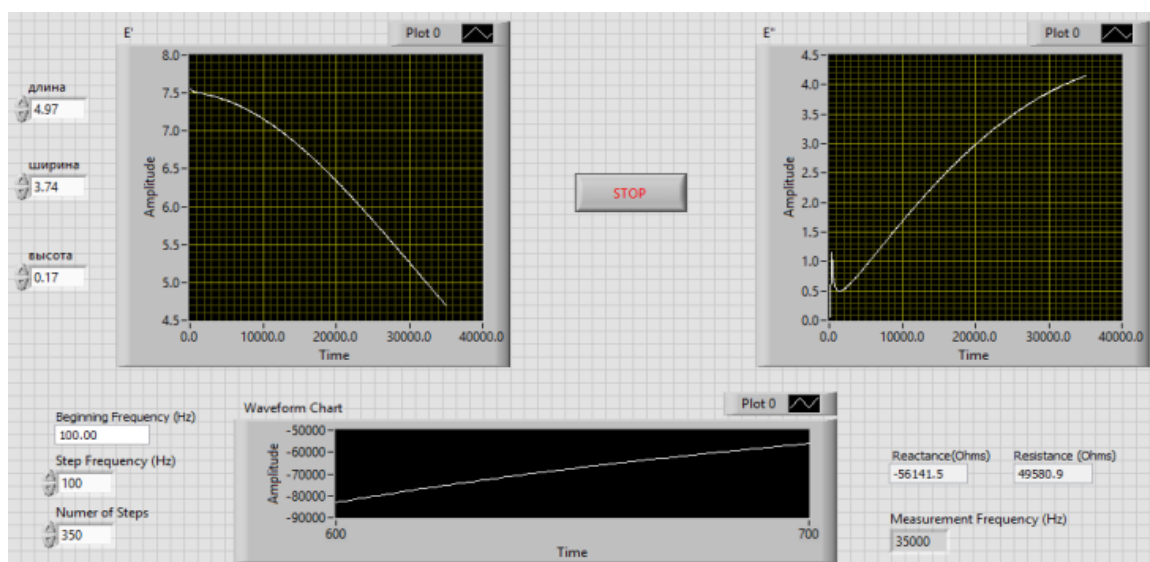


Рисунок 4 – Пример лицевой панели виртуального прибора

б) блок-диаграмма

Блок-диаграмма (block diagram) – представляет алгоритм работы программы на языке графического программирования. На ней обычно размещаются: виртуальные приборы более низкого уровня, терминалы (объекты лицевой панели) встроенные функции LabVIEW, константы и другие структуры. На рисунке 5 показан пример блок-диаграммы виртуального прибора.

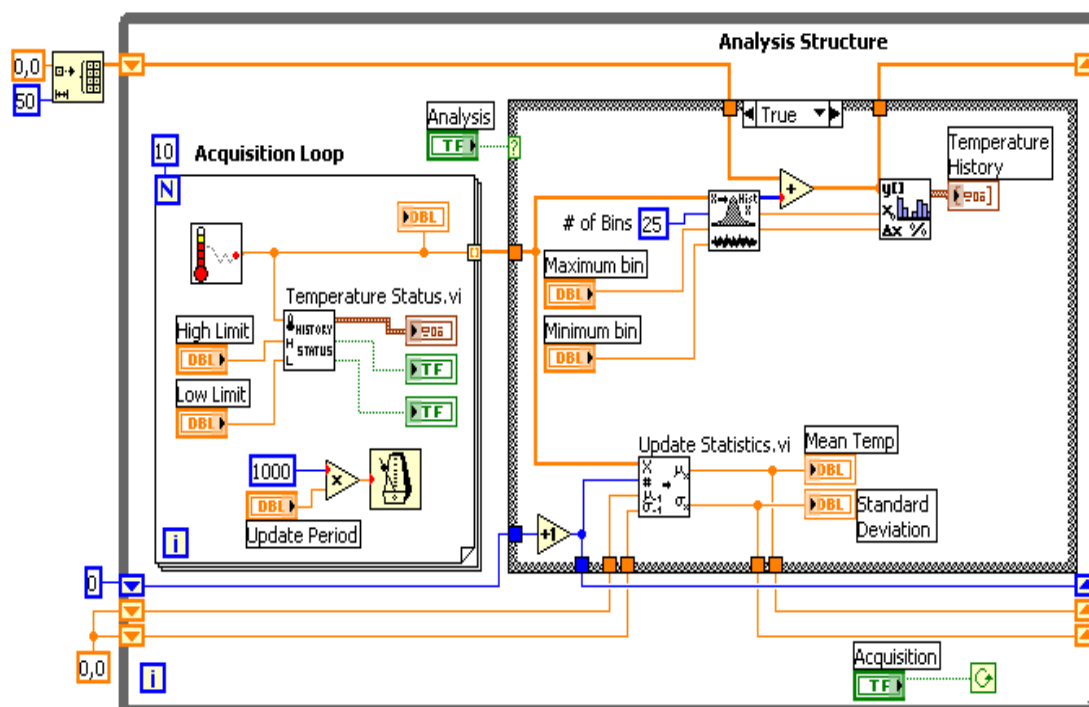


Рисунок 5 – Пример блок-диаграммы виртуального прибора

1.2. Комплект измерительного оборудования ЦКП ТГУ

1.2.1. Прецизионный измеритель LCR Agilent E4980A

В качестве базы для реализации аппаратной части программно-аппаратных комплексов использовались измерители LCR Agilent E4980A (рисунок 6) и LCR Agilent E4285A из центра коллективного пользования ТГУ.



Рисунок 6 – LCR Agilent E4980A

Прецизионный измеритель LCR Agilent E4980A [16] позволяет выполнять широкий спектр измерений параметров компонентов и обладает высокой функциональностью и точностью. Прибор обеспечивает высокую скорость измерений и отличные характеристики как на нижних, так и на верхних пределах измерения импеданса, и является идеальным решением для тестирования компонентов и материалов в процессе разработки и производства электронных устройств. Для связи с компьютером прибор оснащен интерфейсами GPIB, LAN и USB, что позволяет повысить производительность тестирования.

Измеритель E4980A производит измерения в диапазоне от 20 Гц до 2 МГц с погрешностью измерений 0,05% и обеспечивает высокую воспроизводимость результатов измерений.

1.2.2. Прецизионный измеритель LCR Agilent E4285A

Прецизионный измеритель LCR Agilent 4285A (рисунок 7) обеспечивает высокую скорость, точность и достоверность измерений параметров материалов и компонентов, в диапазоне частот от 75кГц до 30МГц [17].

Измеритель LCR Agilent 4285A удовлетворяет основные потребности измерений импеданса при решении широкого круга задач при разработке и производстве электронных устройств.



Рисунок 7 – LCR Agilent E4285A

Прецизионный измеритель Agilent E4285A компании Keysight это экономичное решение для измерения характеристик компонентов и материалов.

Измеритель E4285A имеет высокую точность измерений (погрешность при измерении модуля полного сопротивления $|Z|$: 0,1%), что позволяет ему оценивать характеристики с отличной точностью. Кроме того, встроенная функция коррекции ошибок сводит к минимуму влияние устройства подключения, дополнительно увеличивая точность.

Для экономии времени и повышения эффективности измерительных процедур E4285A обладает следующими функциями: карта памяти позволяет

осуществлять предварительную установку условий измерения для различных компонентов с разными требованиями к проведению измерений. Функция компаратора может быть настроена на сортировку максимум по 10 группам, позволяя обрабатывать множество компонентов во время контроля.

Визуальный контроль и просмотр всех настроек прибора и результатов измерений производится на большом ЖК дисплее. Это значительно упрощает работу с измерительной установкой и повышает эффективность действий оператора за счет минимизации ошибок считывания. Программируемые клавиши упрощают работу с передней панелью прибора, позволяя пользователю легко изменять его состояния посредством перемещения курсора на ЖК дисплее с помощью клавиш курсора. Программируемые клавиши автоматически изменяются, отражая положение курсора. Это минимизирует меню и нажатие клавиш.

1.3. Ёмкостной метод измерения диэлектрической проницаемости

Теоретические основы методики измерения

В настоящее время существует множество методик измерения комплексной диэлектрической проницаемости. К ним относятся: ёмкостной метод [18], метод линии электропередачи [19], волноводный метод [20], метод цилиндрического резонатора [21] и метод регрессии чёрного ящика [22].

Мною был проведён литературный обзор работ в различных базах публикаций в период с 2015 года по 2021 год, посвящённых измерениям комплексной диэлектрической проницаемости (рисунок 8). Из рисунка видно, что в российской электронной библиотеке eLibrary.Ru предоставлено 614 статей по запросу «Измерение диэлектрической проницаемости». За рубежом данные исследования в последние годы в таких базах данных как IEEE и Web of Science по аналогичному запросу представлены в количестве 4030 и 5408 статей соответственно.

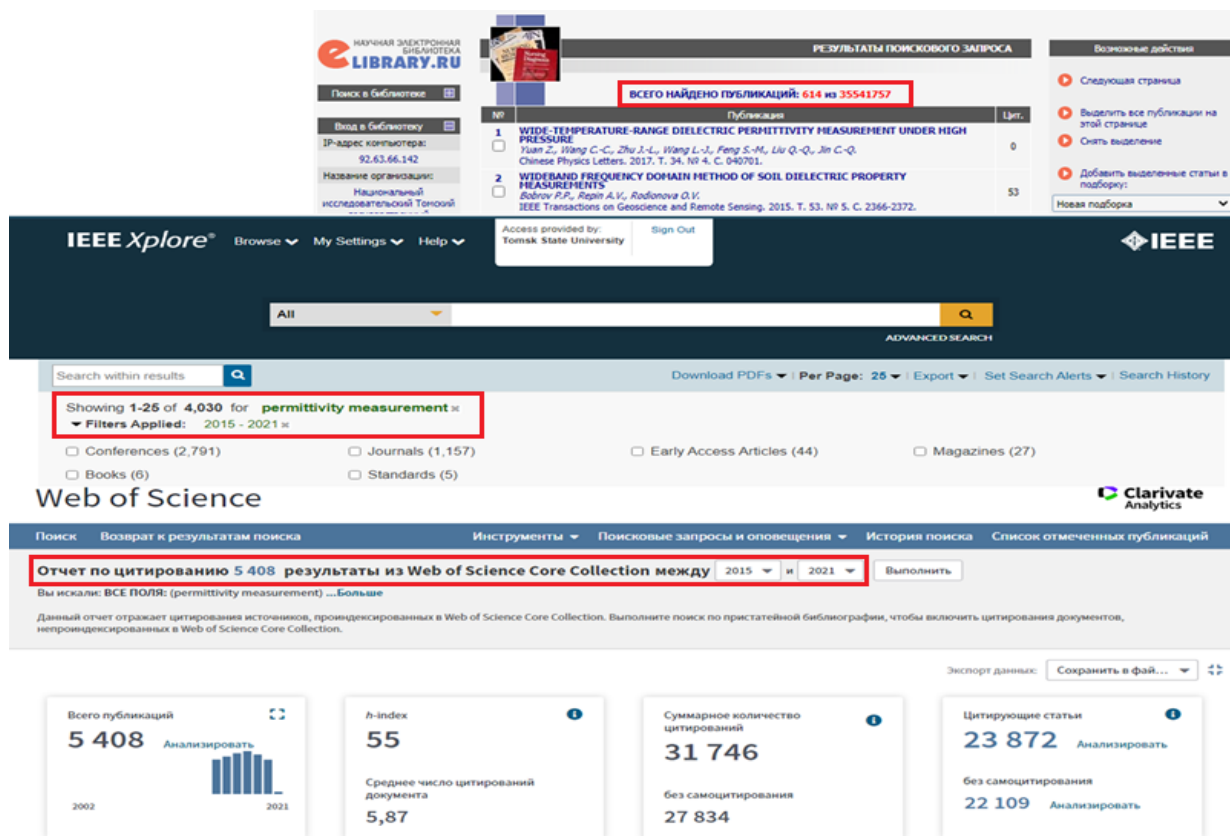


Рисунок 8 – Литературный обзор по запросу «Измерение диэлектрической проницаемости»

В данной работе измерения производились емкостным методом. Это обусловлено наличием необходимого оборудования на центре коллективного пользования «Радиоизмерений ТГУ». Суть этого метода заключается в измерении емкости конденсатора и дальнейшем перерасчете по формулам (1, 2) в мнимую и действительную части комплексной диэлектрической проницаемости. Здесь ε' и ε'' – действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости соответственно, Z' и Z'' – действительная и мнимая части комплексного импеданса, C_0 – ёмкость пустого конденсатора, ω – циклическая частота,

$$\varepsilon' = \frac{(\omega C_0)^{-1} Z''}{(Z')^2 + (Z'')^2}, \quad (1)$$

$$\varepsilon'' = \frac{(\omega C_0)^{-1} Z'}{(Z')^2 + (Z'')^2}. \quad (2)$$

Конденсатор — это система, состоящая из двух изолированных проводников, расположенных на малом расстоянии друг от друга. Эти проводники

являются обкладками конденсатора. Если обкладкам конденсатора сообщить заряды $+q$ и $-q$, то в пространстве между ними возникнет электрическое поле.

То есть, заряд на обкладках q такого конденсатора будет больше, чем заряд q_0 на обкладках конденсатора с теми же геометрическими размерами, но без диэлектрика (вакуумный конденсатор). Следовательно, часть заряда конденсатора обусловлена влиянием диэлектрика (3)

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}, \quad (3)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды, ε_0 – электрическая постоянная; S – площадь обкладок; d – расстояние между обкладками.

Увеличение заряда на обкладках происходит в конкретное число раз. Это число называется относительной диэлектрической проницаемостью ε и характеризует внутренние свойства вносимого в конденсатор диэлектрика. В любой другой экспериментальной ситуации внесение диэлектрика в межоблабочное пространство вакуумного конденсатора приведет к повышению отношения его заряда к напряжению $q/U = C$ в ε раз. Величина C является емкостью конденсатора. Полная емкость конденсатора с диэлектриком равна

$$C = C_0 + C_{\text{П}}, \quad (4)$$

где C_0 – геометрическая емкость, то есть емкость соответствующего вакуумного конденсатора; $C_{\text{П}}$ – дополнительная емкость, связанная с поляризационными явлениями в диэлектрике.

Таким образом, относительная диэлектрическая проницаемость – это безразмерная величина, которая характеризует способность диэлектрика повышать емкость конденсатора относительно его геометрической емкости C_0

1.3.2. Объекты исследования

В качестве объектов для исследования были выбраны керамические подложки разной диэлектрической проницаемости с двухсторонней металлизацией медью и материал для СВЧ подложек фирмы «Rogers» (рисунок 9).

Образцы под номером 1 и 2 – керамика поликор различных производителей. Поликор изготавливается на основе алюмооксидной керамики. Подложки

предназначены для электрической изоляции элементов толсто- и тонкопленочных микросхем и СВЧ интегральных схем. Подложка выполняет одновременно функцию канализирующего и несущего энергию элемента, на котором формируются линии передачи энергии и монтируются навесные элементы. Важнейшей характеристикой подложек является прочность и степень шероховатости поверхности, которые оказывают значительное влияние на параметры почти всех элементов, формируемых на ее поверхности.

Образец под номером 3 – материал для СВЧ подложек фирмы «Rogers». Rogers Corporation – хорошо и давно известное имя на мировом рынке высокоэффективных электронных материалов.

Ламинаты Rogers для производства СВЧ печатных плат широко применяются в производстве линейных усилителей мощности и антенн для систем сотовой и персональной связи, маломощных усилителей спутниковых систем связи, фазированных антенных решеток, оборудования радиолокационных станций и других высокоэффективных компонентов радиосвязи. Кроме того, материалы Rogers нашли свое применение в высокоскоростных цифровых приложениях, где целостность и безошибочность сигнала является приоритетом.

Образцы под номером 4 и 5 – керамика ТБНС разного производителя.

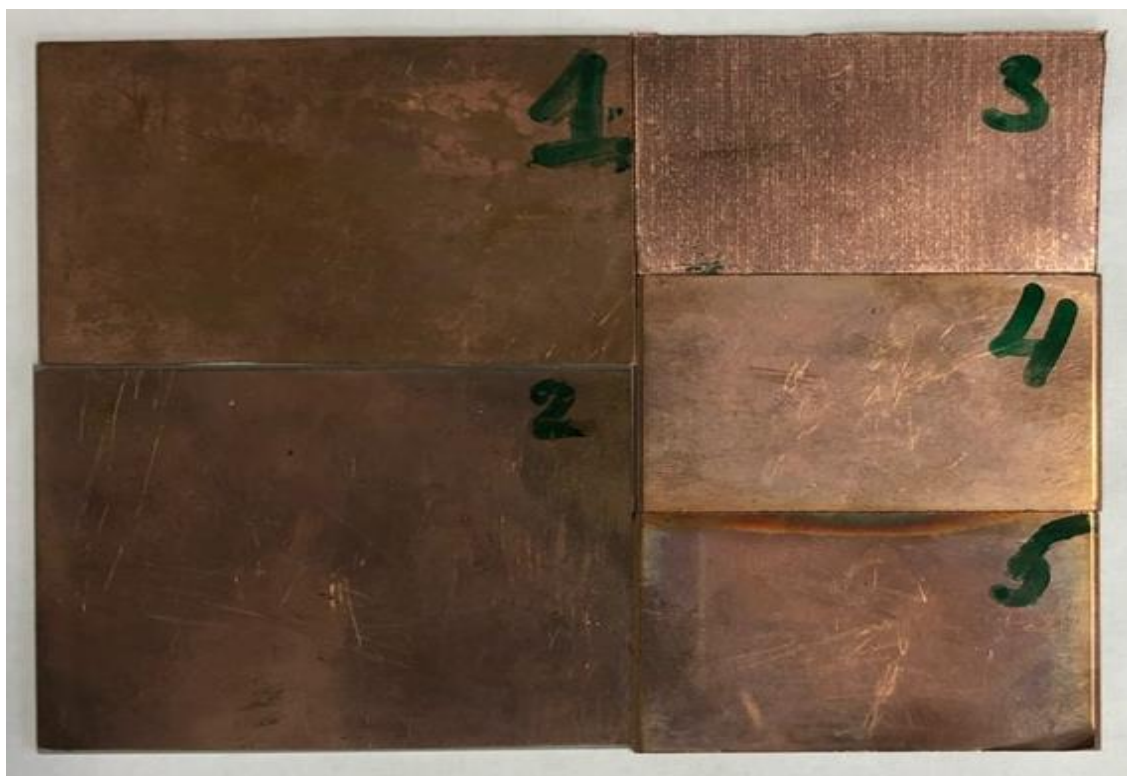


Рисунок 9 – Измеряемые образцы

2. Практическая часть

2.1. Реализация программно-аппаратных комплексов

2.1.1. Программно-аппаратный комплекс Agilent E4285A-LabVIEW

Так как в настоящее время измерение комплексной диэлектрической проницаемости напрямую невозможно, то получение значений действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости образцов проводится в два этапа: измерение частотной зависимости первичных параметров и перерасчёт полученных значений по формулам (1) и (2) для получения спектров действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости исследуемых образцов.

На официальном сайте компании производителя измерительного оборудования был взят пример для управления прецизионным измерителем Agilent E4285A. Лицевая панель и блок-диаграмма исходной программы представлены на рисунках 10 и 11 соответственно.

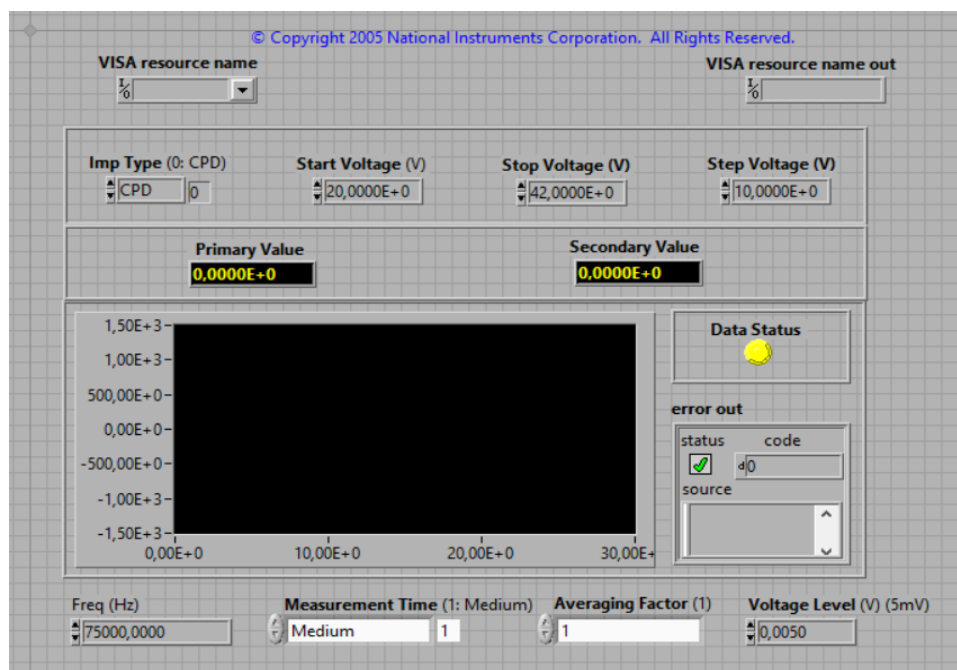


Рисунок 10 – Лицевая панель программы управления прецизионным измерителем Agilent E4285A

Стандартная программа имела узкий спектр возможностей. Она позволяла управлять измерительным прибором с персонального компьютера, связь с которым осуществлялась с помощью интерфейса GPIB. Оператору предоставлялась

возможность построения графиков зависимости измеряемых параметров на фиксированной частоте во всех 20 режимах работы от напряжения в рамках рабочего диапазона с указанием начального и конечного напряжения, а также шага изменения напряжения. Виртуальный прибор позволял выбрать количество усреднений и записать полученные в ходе измерения данные в файл, а также в режиме реального времени наблюдать значения измеряемых величин и наличия ошибки в работе программы с помощью соответствующих индикаторов.

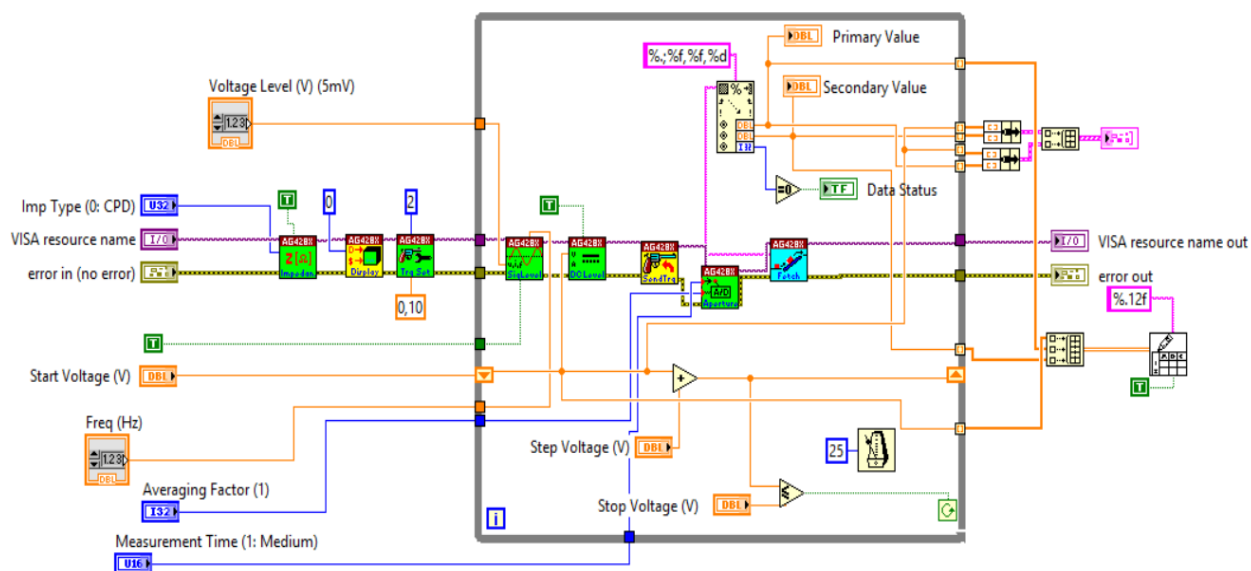
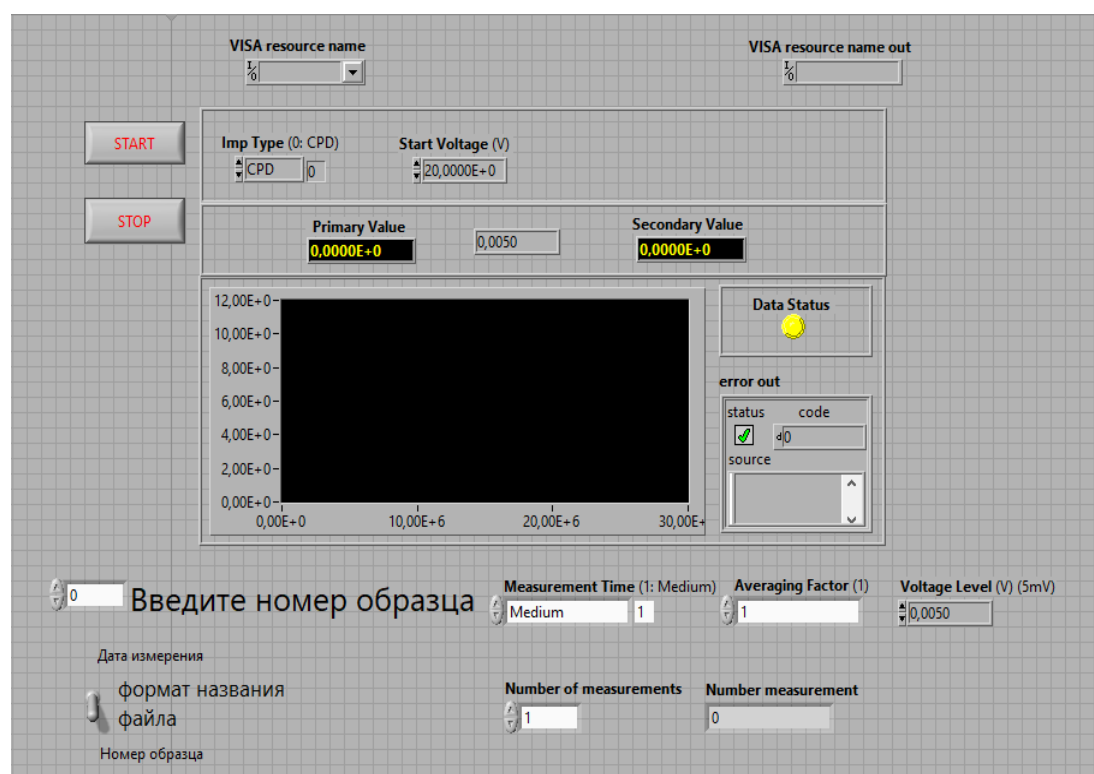


Рисунок 11 – Блок-диаграмма программы управления прецизионным измерителем Agilent E4285A

Для проведения измерений частотной зависимости исследуемых образцов в стандартную программу были внесены изменения. Внесённые блоки программы выделены красными рамками. Блок-диаграмма виртуального прибора первого этапа измерений представлена на рисунке 12. От стандартной программы она отличается тем, что позволяет проводить измерения на фиксированном уровне напряжения при изменяющейся частоте, за это отвечает блоки третьей области. В исходной программе добавлен раздел, создающий папку для записи файла с результатами измерения, это выполняется в блоках первой и четвертой областей. Также внесены изменения в порядок названия файла: либо в названии указывается номер образца, либо дата и время проведения измерения, отвечают за это блоки второй области. У оператора всё также сохраняется возможность наблюдать график частотной зависимости измеряемых величин по окончании измерения, а



2.1.2. Программно-аппаратный комплекс Agilent E4980A-LabVIEW

Программно-аппаратный комплекс с использованием измерителя LCR Agilent E4980A создан по примеру, описанному выше.

На официальном сайте компании производителя измерительного оборудования был взят пример для управления прецизионным измерителем Agilent E4980A. Лицевая панель и блок-диаграмма исходной программы представлены на рисунках 14 и 15 соответственно.

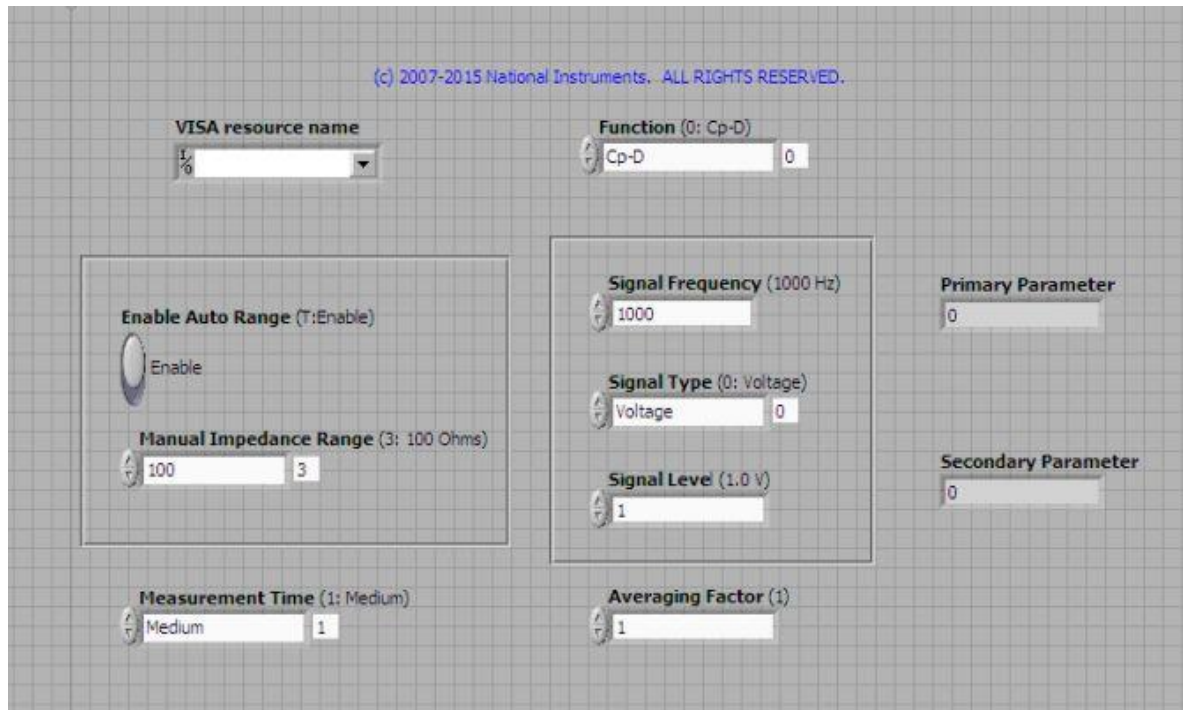


Рисунок 14 – Лицевая панель программы управления прецизионным измерителем Agilent E4980A

Стандартная программа имела узкий спектр возможностей. Измерения проводились только на одной фиксированной частоте, отсутствовала возможность измерения по всему спектру частот. Было невозможным записать в файл результаты, измеренные прибором.

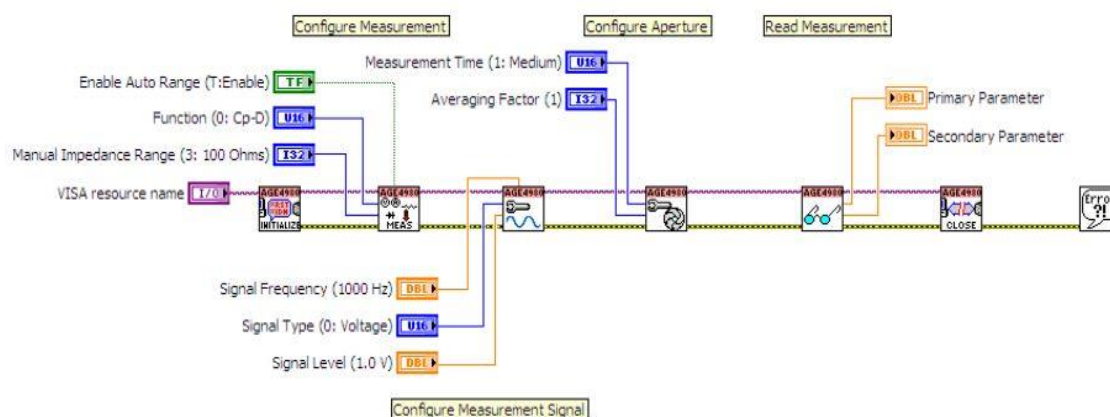


Рисунок 15 – Блок-диаграмма программы управления прецизионным измерителем Agilent E4980A

Для проведения измерений частотной зависимости исследуемых образцов в стандартную программу были внесены изменения. Блок-диаграмма измененного виртуального прибора представлена на рисунке 16. От стандартной программы она отличается тем, что позволяет проводить измерения частотных зависимостей, то есть прибор измеряет по всему диапазону частот автоматически. В исходной программе добавлен раздел, создающий папку для записи файла с результатами измерения. Также внесены изменения в порядок названия файла: либо в названии указывается номер образца, либо дата и время проведения измерения. У оператора всё также сохраняется возможность в режиме реального времени наблюдать за наличием ошибки в работе программы. Лицевая панель модифицированного ВП показана на рисунке 17.

2.1.3. Программа для обработки результатов

Для получения значений комплексной диэлектрической проницаемости и построения спектров частотных зависимостей создана программа в среде LabVIEW, блок-диаграмма представлена на рисунке 18. Программа является универсальной для обоих программно-аппаратных комплексов. Она отвечает за обработку полученной информации в процессе измерения. В ней производится расчёт искомых величин, построение спектральных зависимостей действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости, создание папки и последующая запись конечных данных в файлы. Оператору требуется указать геометрические параметры образца. Значение действительной и мнимой частей импеданса, а также частот, на которых проводились измерения, программа считывает самостоятельно из файлов, полученных на первом этапе измерения. Результатом работы программы является создание на внешнем носителе папки с измеренными параметрами на калибровочных частотах прецизионного измерителя и построение на лицевой панели программы спектров измеренных величин (рисунок 19). У оператора сохраняется возможность выбора варианта названия файла: номер образца или дата и время измерения.

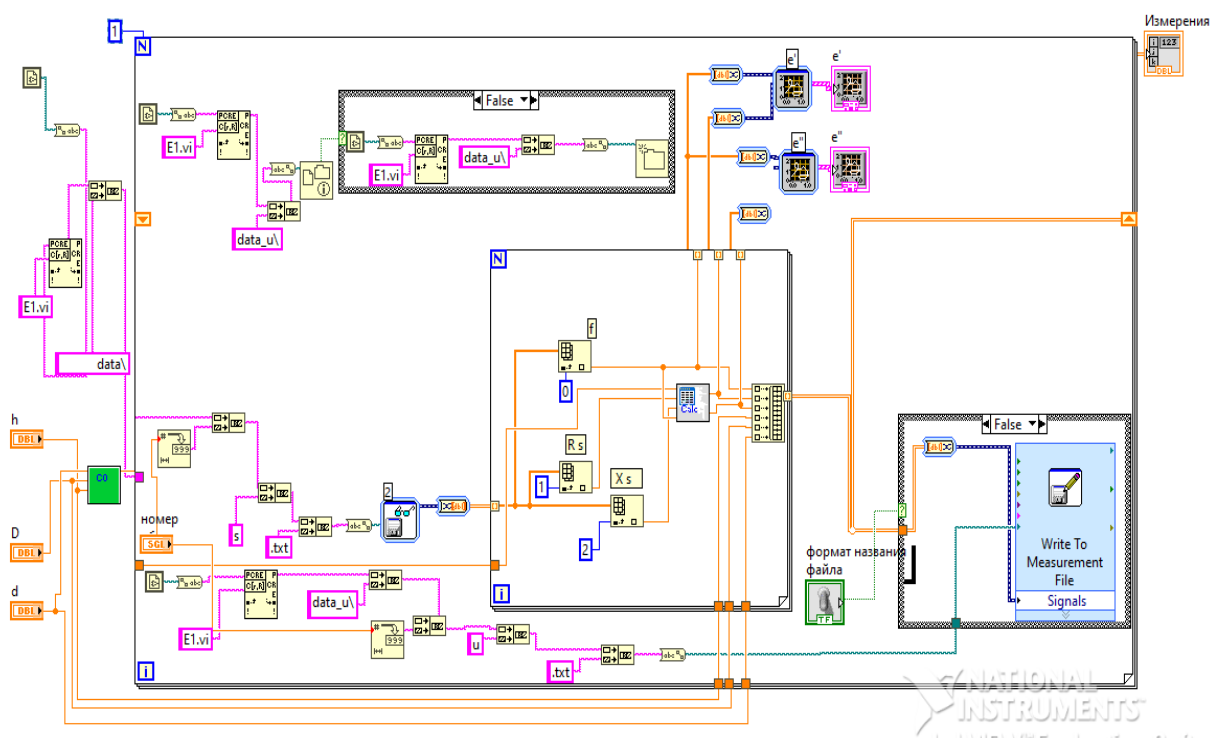


Рисунок 18 – Фрагмент блок-диаграммы программы автоматизации измерений диэлектрической проницаемости образцов

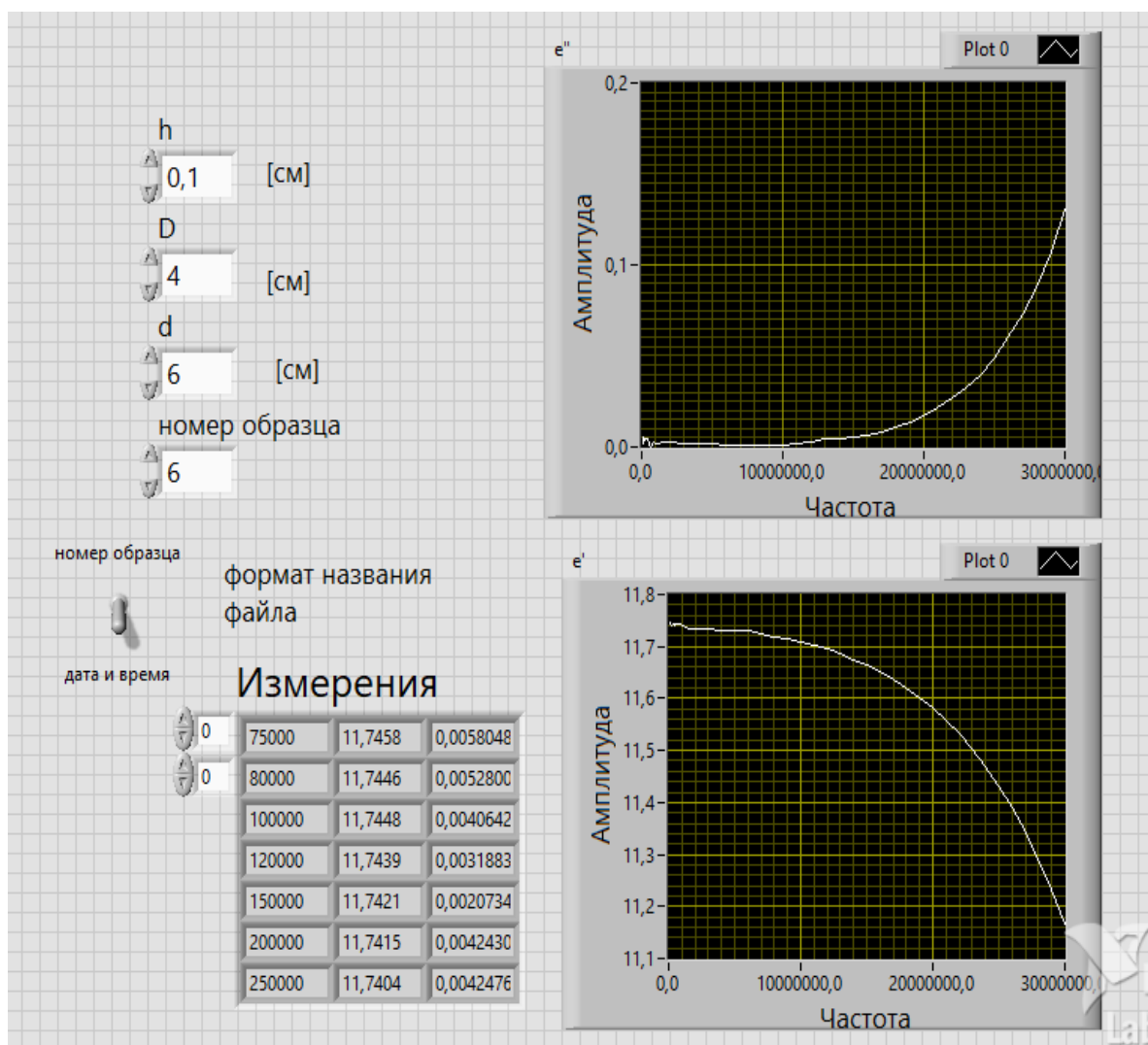


Рисунок 19 – Лицевая панель программы автоматизации измерений диэлектрической проницаемости образцов

2.2. Анализ полученных результатов

Так как объектами исследования являлись образцы, с известными границами значений комплексной диэлектрической проницаемости, то оценка погрешности измерений не производилась. Значения, измеренные на программно-аппаратных комплексах, полностью попадают в эти границы, для каждого образца. На рисунках 20-22 изображены спектры комплексной диэлектрической проницаемости для всех образцов. Слева изображена действительная часть, справа мнимая часть. Зеленым цветом указаны результаты, полученные на измерителе LCR E4980A, а красным на измерителе LCR E4285A. На рисунке 23 изображены спектры действительной части комплексной диэлектрической проницаемости всех 5 образцов в диапазоне частот от 100 Гц до 30 МГц с подписями. Из графиков на перекрывающихся

частотах показания измерителей различаются, что связано с падением точности измерения приборов на границах диапазонов.

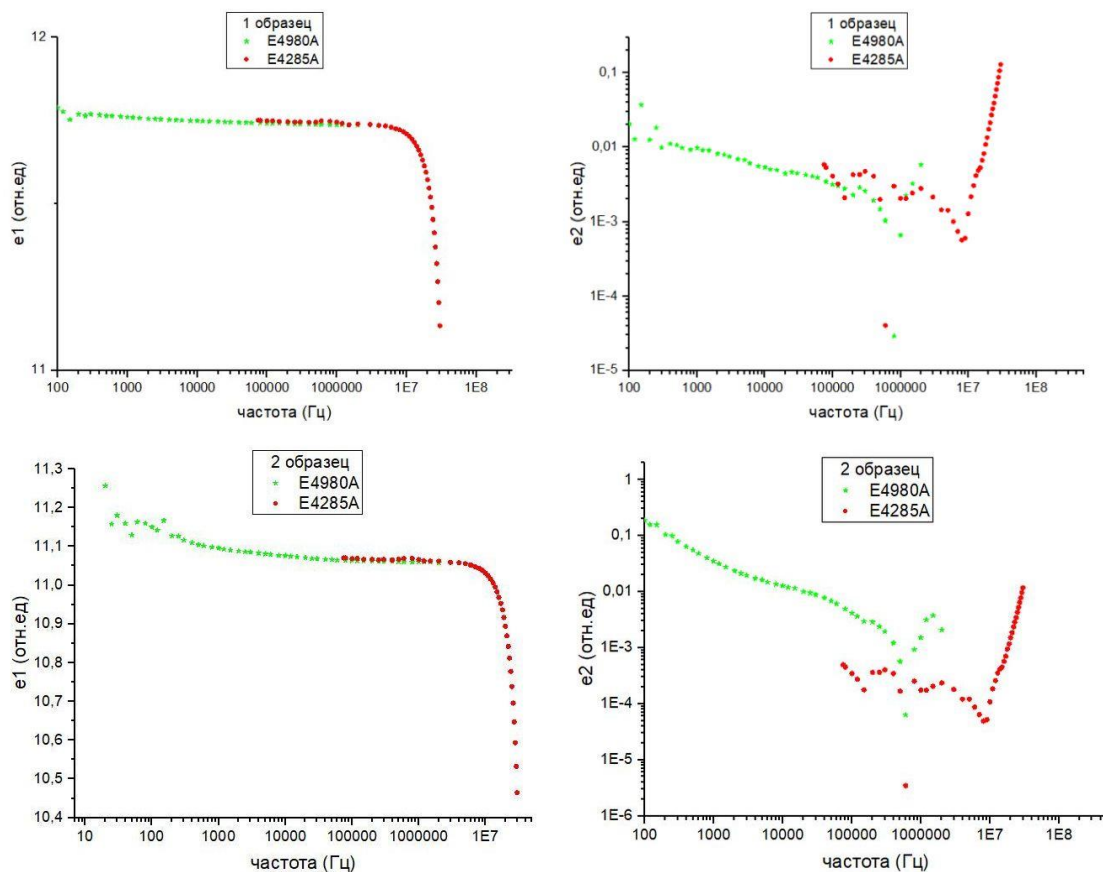


Рисунок 20 – Спектры комплексной диэлектрической проницаемости 1 и 2 образца

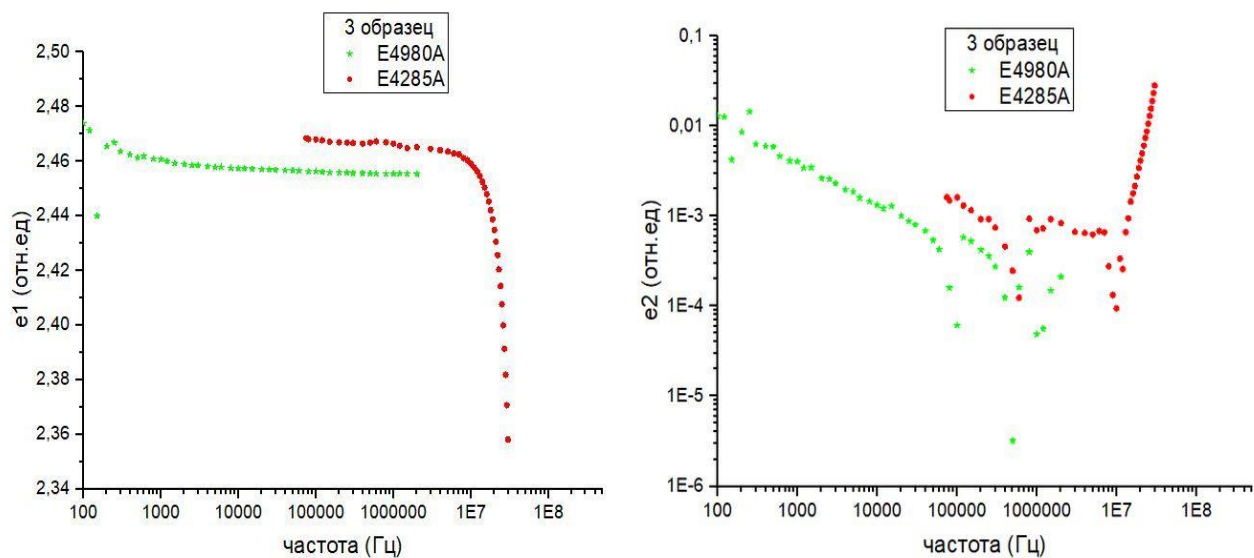


Рисунок 21 – Спектры комплексной диэлектрической проницаемости 3 образца

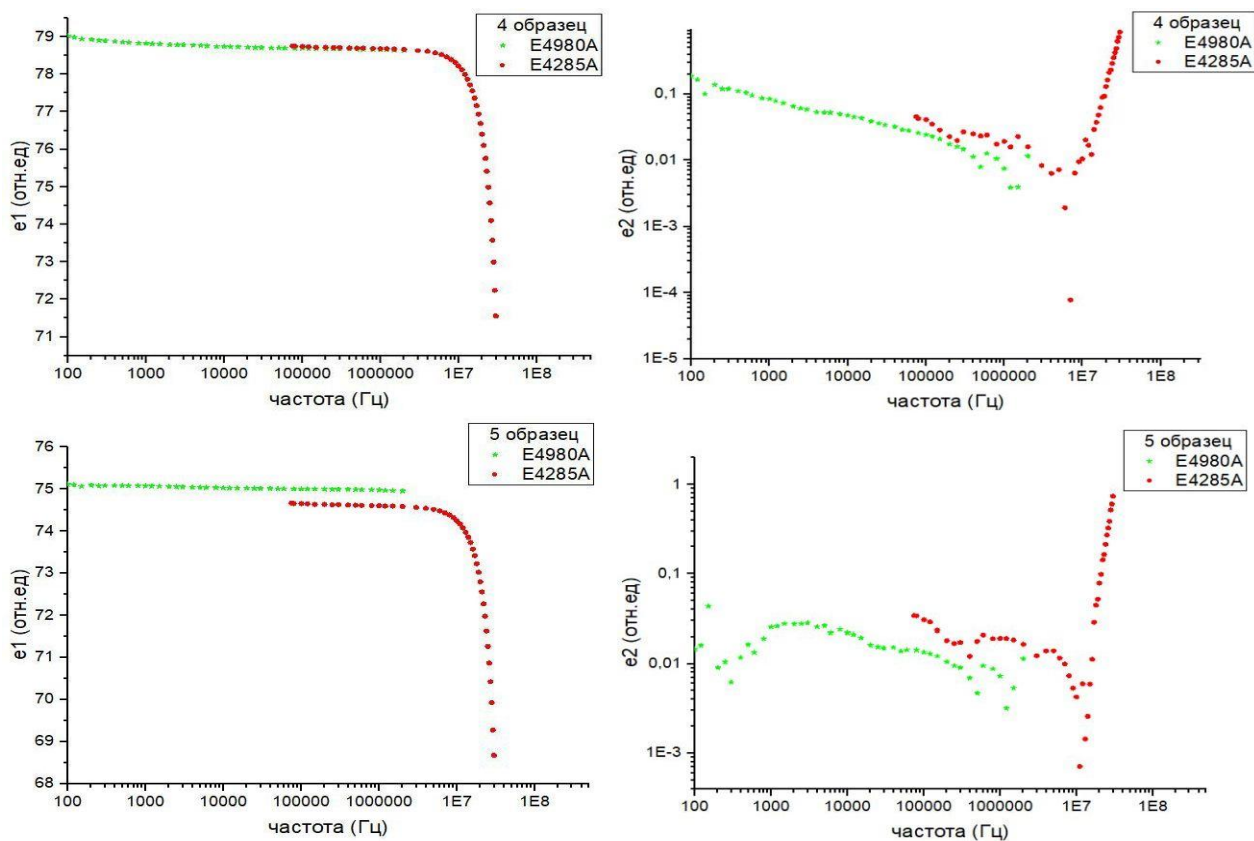


Рисунок 22 – Спектры комплексной диэлектрической проницаемости 4 и 5 образца

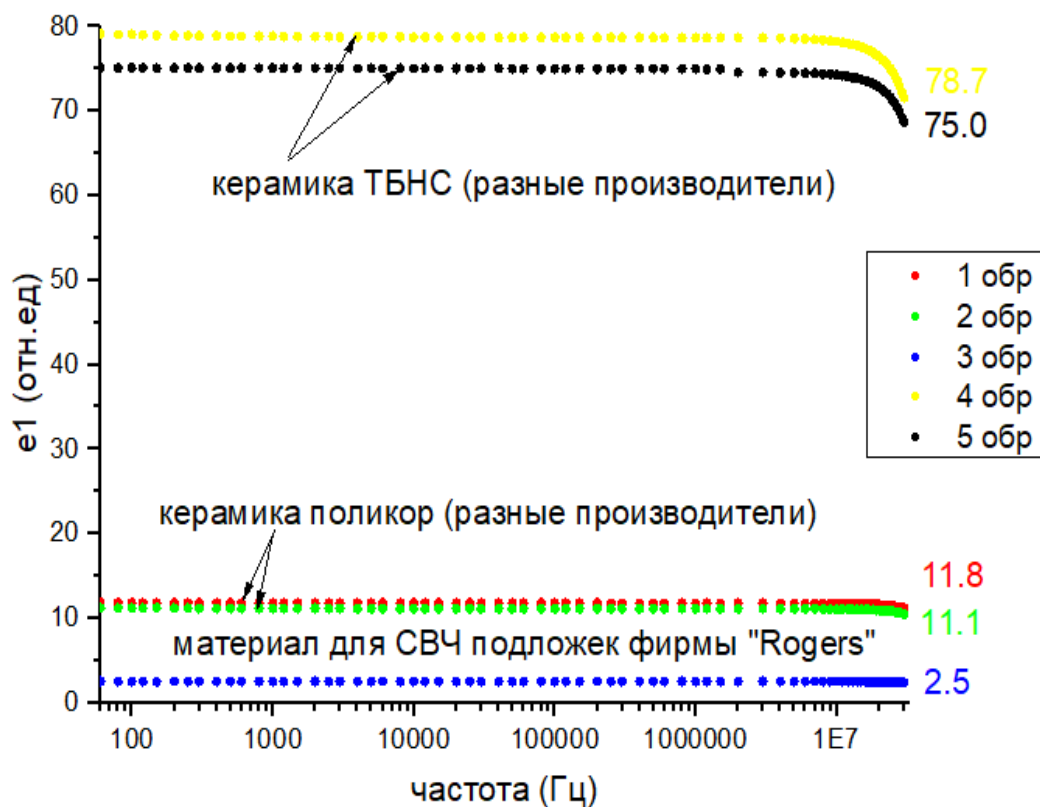


Рисунок 23 – Спектры действительной части диэлектрической проницаемости исследуемых образцов

2.3. Организация удаленного доступа к аппаратуре

Технология виртуальных измерительных приборов позволяет создавать системы измерения, управления и диагностики различного назначения практически любой производительности и сложности. Преимущество и эффективность виртуальных измерительных технологий состоит в возможности программным путем создавать разнообразные приборы, измерительные системы и программно-аппаратные комплексы, легко перестраивать их к изменяющимся требованиям, уменьшать материальные затраты и время на разработку. При этом создаваемая измерительная система может быть оптимальным образом адаптирована для решения поставленных задач с учетом их особенностей, что и было реализовано в данной работе.

Также виртуальные измерительные технологии дают возможность совмещать измерительные системы с телекоммуникационными сетями, обеспечивая тем самым возможность дистанционного доступа к измерительному и управляющему оборудованию. Подобная интеграция позволяет связывать в единую систему большое число различных удаленных друг от друга измерительных и управляющих устройств либо проводить длительные измерения требуемых параметров с постоянным контролем показателей аппаратуры, получать и обрабатывать данные, находясь в любой точке мира с доступом к сети Internet.

Система LabVIEW позволяет организовать удалённый доступ к рабочему виртуальному прибору. Для этого необходимо в открытом окне лицевой панели прибора в разделе Tools выбрать Web Publishing Tool. Во всплывшей панели указывается созданный виртуальный прибор в диалоговом окне (рисунок 24) VI name и выберите режим Embedded для возможности просматривать и контролировать лицевую панель удаленно с помощью браузера. ВП должен находиться в памяти на сервере, чтобы клиенты могли просматривать и контролировать переднюю панель. Также следует задать время обновления страницы и нажать кнопку Start Web Server для запуска сервера. Для предварительного просмотра страницы в браузере нужно нажать кнопку Preview in Browser. Для дальнейшей настройки веб страницы нажмите кнопку Next.

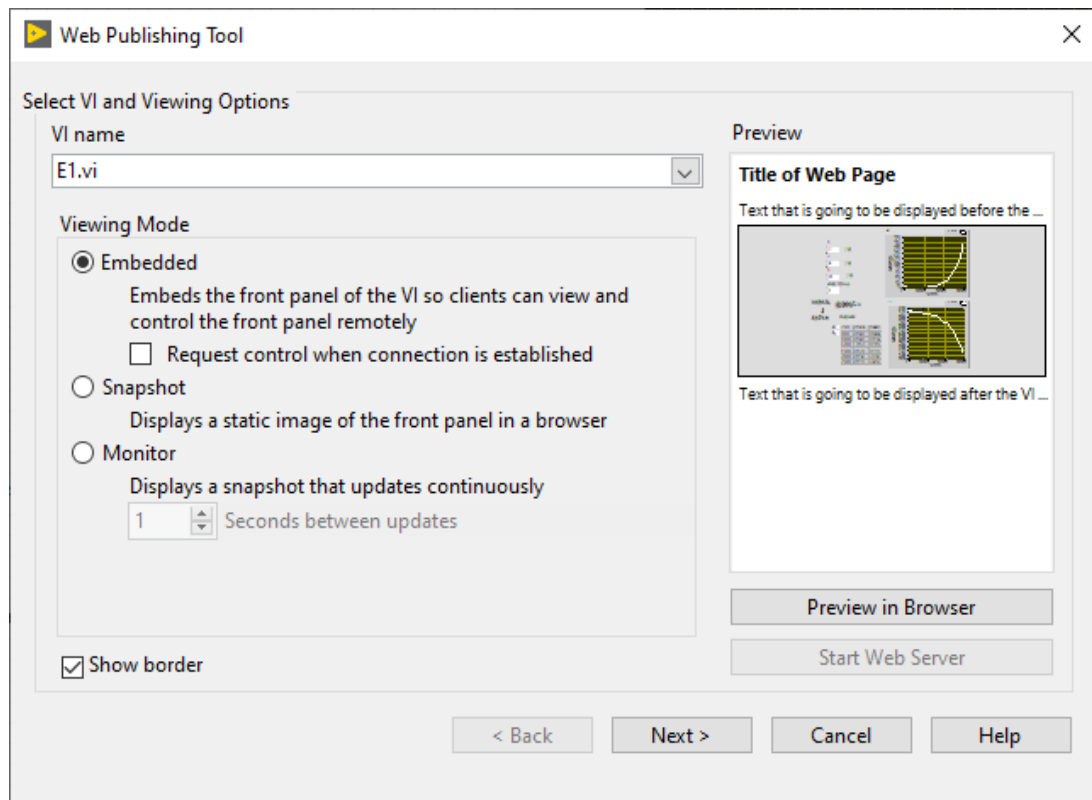
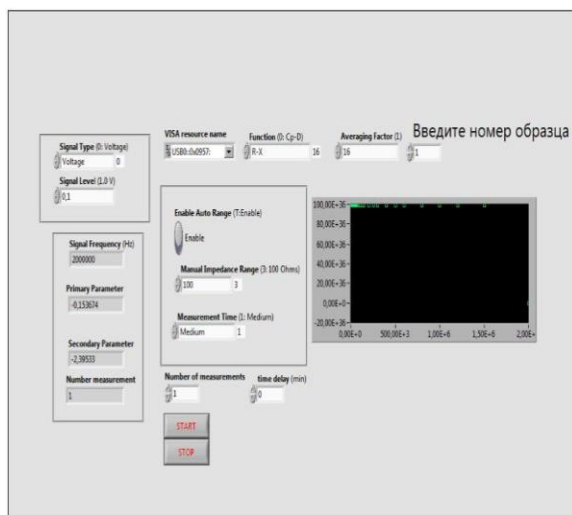


Рисунок 24 – Диалоговое окно выбора режима удалённого доступа

В появившейся вкладке в соответствующих полях укажите место сохранения файла HTML, название данного файла и скопируйте адрес созданной веб страницы из окна URL. После выполнения всех операций сохраните файл HTML на диск, нажав кнопку Save to Disk. По описанной выше инструкции мною был организован удаленный доступ к обоим измерительным установкам (рисунок 25)

Измерение комплексного импеданса

Полоса частот от 20 Гц до 20 МГц



Измерение комплексного импеданса

Полоса частот от 75 кГц до 30 МГц

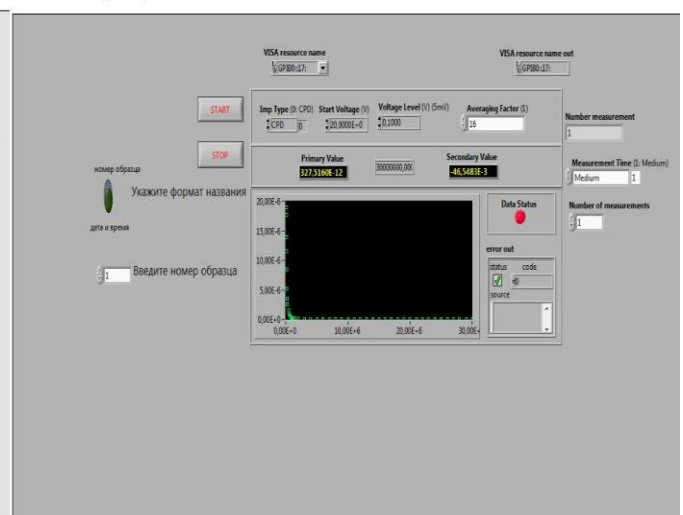


Рисунок 25 – Удаленный доступ к программно-аппаратным комплексам

2.4. Раздел электронного курса Moodle по программированию измерительных приборов в Labview

В системе электронного обучения Moodle [24,25] был создан электронный курс, посвящённый программированию измерительных приборов с помощью Labview. Система дистанционного обучения (СДО) Moodle на протяжении нескольких лет широко используется для организации электронного обучения на радиофизическом факультете Томского государственного университета [26]. На факультете в СДО Moodle представлено и активно используется в учебном и научном процессе множество электронных ресурсов для методического и информационного обеспечения различного вида занятий, а также для организации самостоятельной работы студентов [27-29].

Целью создания данного ресурса была необходимость наличия русскоязычных инструкций к измерительным приборам в условиях их использования с помощью персональных компьютеров (виртуальные приборы от компании производителя).

Электронный курс на данный момент состоит из трёх разделов, посвящённых трём измерительным приборам: Agilent E4980A, Agilent E4285A и Micran R2M. Каждый из разделов имеет одинаковую структуру. Рассмотрим её на примере раздела, посвящённого прецизионному измерителю Agilent E4285A (рисунок 26).

Agilent E4285A

Материал подготовлен студентами 758 группы Атамасовым В.В. и Маленко Г.И.



Измерительный прибор E4285A является прецизионным измерителем LCR. Он предназначен для измерения индуктивности, емкости и сопротивления в широком диапазоне частот (75 кГц до 30 МГц).
Информация о приборе на сайте производителя:
<https://www.keysight.com/ru/pd-1000000854%3Aeps%3Apro-pn-4285A/precision-lcr-meter-75-khz-to-30-mhz?>

[pm=PL&id=32776.536880952&cc=RU&lc=rus](https://www.keysight.com/ru/pd-1000000854%3Aeps%3Apro-pn-4285A/precision-lcr-meter-75-khz-to-30-mhz?)

Дополнительная информация об измерителях LCR и приборах для измерения импеданса:
<https://www.keysight.com/ru/pc-1000000391%3Aeps%3Aapgr/lcr-meters-impedance-measurement-products?>
[pm=LB&id=536902441.0&c=153639.i.1&no=100&to=79830.g.0&cc=RU&lc=rus](https://www.keysight.com/ru/pc-1000000391%3Aeps%3Aapgr/lcr-meters-impedance-measurement-products?)

Файлы с сайта компании производителя

Rar-архив, содержащий инструкции такие как: Agilent 4285A Precision LCR Meter, Data Sheet, Maintenance Manual, Operation Manual, Permittivity and Permeability Measurement with LCR Meters and Impedance Analyzers, Precision LCR Meter Family
Размер архива 6 Мб.

Виртуальный прибор E4285A

программное обеспечение Agilent E4285A

Rar-архив, содержащий виртуальный прибор Agilent 4285A C-V, подприборы для работы основного виртуального прибора, папку с примерами, папку с библиотеками, ссылку с перечнем требований к персональному компьютеру для работы программы.
Размер архива 1.5 Мб.

Рисунок 26 – Фрагмент электронного курса

Папка с названием “Файлы с сайта компании производителя” содержит в себе файлы с описанием технических характеристик измерительного прибора, руководство по ремонту, руководства по применению, руководства по выбору продуктов и конфигурации, брошюры и сравнительные обзоры, представленные на английском языке [16;17].

В файлах “Виртуальный прибор E4285A”, “Инструкция E4285A для измерения магнитной проницаемости” и “Инструкция E4285A для измерения диэлектрической проницаемости” представлен подробно описанный алгоритм работы с измерительной аппаратурой при помощи виртуальных приборов в их стандартном виде и их видоизменённых версий для проведения специальных измерений, таких как замеры частотной зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости образцов. Фрагменты содержания вышеописанных инструкций представлены на рисунке 27.

Инструкция проведения измерения действительной и мнимой части диэлектрической проницаемости образцов с использованием программно-аппаратного комплекса на платформе Agilent E4285A-LabVIEW

1. Включите прецизионный измеритель Agilent E4285A в сеть и дайте аппаратуре прогреться в течении 40-50 минут;
2. Проведите калибровку прибора с учётом соединительной линии, при коротком замыкании и на холостом ходу:
 - Подключите к измерительному прибору соединительную линию;
 - С помощью кнопок на передней панели прибора и дисплея установите режим измерения, а также его параметры (уровень напряжения, частота, количество усреднений);
 - Нажмите кнопки MEAS SETUP и CORRECTION, на дисплее с помощью курсора и кнопку справа от экрана выключите предыдущие значения (состояние OFF);
 - Переместите курсор в поле OPEN и нажмите кнопку MEAS OPEN;
 - Через 51 секунду, как только закончится корректировка на холостом ходу, нажмите ON в поле OPEN, чтобы учесть данные корректировки;
 - Подключите к соединительной линии короткозамыкатель КЗ(НКЗ-

9. Рабочий виртуальный прибор позволяет в режиме реального времени наблюдать значения измеряемых параметров (1), состояние данных (2), а также ошибку и её код (3);



10. В конце измерения появится диалоговое окно, в котором необходимо будет указать путь и название файла, в котором будут записаны данные измерения;

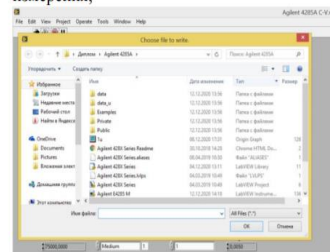


Рисунок 27 – Фрагменты инструкций к виртуальным приборам

Также в разделе, посвящённому измерителю E4285A, содержатся папки с программным обеспечением для работы с данным прибором. В них имеются как основные виртуальные приборы, так и библиотеки и подприборы, необходимые для нормальной работы аппаратуры.

Информация каждого раздела данного курса позволяет в короткие сроки изучить особенности работы с измерительной аппаратурой, получить доступ к исходным виртуальным приборам для реализации собственных проектов, либо использовать имеющиеся виртуальные приборы для проведения измерений, не теряя время на создание собственных проектов. Подробные инструкции по эксплуатации на русском языке имеющихся в разделе курса виртуальных приборов также значительно сокращают время подготовки специалиста для проведения измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- а) создана программа для автоматизации процесса измерения спектральной зависимости комплексной диэлектрической проницаемости материалов;
- б) составлены инструкции на русском языке по эксплуатации измерительного оборудования и виртуальных приборов к нему;
- в) создан раздел электронного курса, содержащий программное и методическое обеспечение для работы с программно-аппаратным комплексом.

Выражаю благодарность:

- центру коллективного пользования "ЦКП радиоизмерений ТГУ" за предоставленное оборудование и образцы измерений;
- Журавлеву Виктору Алексеевичу за помощь в организации и проведении измерений.

Результаты выпускной квалификационной работы были апробированы на восьмой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы радиофизики АПР 2019», Томск, 1–4 октября 2019 года.

Результаты выпускной квалификационной работы опубликованы в следующих журналах и сборниках трудов:

- а) Zhukov A.A. Automation of measurements permittivity of materials by the capacitor method / A.A. Zhukov, V.V. Atamasov, G.I. Malenko // ITM Web of Conferences. – 2019. – V. 30. P. 11006-1–11006-4.
- б) Атамасов В.В., Информационное и методическое обеспечение лабораторной работы «Измерение импеданса двухполюсников» / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Труды шестнадцатой всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов Томск– 2019. – С. 218–221.

Во время обучения в Томском государственном университете автором проводились научные исследования, результаты которых были представлены на следующих мероприятиях:

- Четырнадцатой всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов 2017г. Томск;
- Седьмой Международной научно-практической конференции «АПР-

2017» 2017г. Томск.

- Третьей международной научно-практической конференции 2017 г. Барнаул;
- XXIV международной научно-методической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество» 2018г. Санкт-Петербург;
- VIII Международном педагогическом форуме молодых ученых «Актуальные вопросы теории и практики педагогической науки» 2018г. Новосибирск;
- Международной студенческой научно-практической конференции «Научный потенциал молодёжи и технический прогресс» 2018 г. Санкт-Петербург;
- Пятнадцатой всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов 2018г. Томск;
- Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем» 2018 г. Барнаул;
- XIV международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» 2018 г. Томск;
- Пятом Всероссийском студенческом научно-техническом фестивале «ВУЗПРОМФЕСТ–2018» 2018г. Москва;
- 2019 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2019). Tomsk;
- VIII международной научно-практической конференции «Современный технологии в российской и зарубежных системах образования» 2019 г. Пенза;
- Международной научно-практической конференции «Научная сессия ТУСУР-2019» 2019 г. Томск;
- Втором международном научно-техническом форуме «Современный технологии в науке и образовании» 2019 г. Рязань;
- Восьмой Международной научно-практической конференции «АПР-2019» 2019г. Томск.
- 29-ой Международной крымской конференции «СВЧ-техника и

телекоммуникационные технологии» 2019г. Севастополь.

- Шестнадцатой всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов 2019 г. Томск;
- Четвертом Российско-Белорусском семинаре 2019г.Томск;
- Семнадцатой Всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов 2020г. Томск.

Результаты научно-исследовательской работы за время обучения были опубликованы в следующих журналах и сборниках трудов:

1. Atamasov V.V. The use of software and hardware complex based on NI ELVIS II and LabVIEW to measure the dielectric permittivity spectra of materials by the capacitor method / V.V. Atamasov, G.I. Malenko // 2019 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2019), Tomsk. – 2019. P. 1–6
2. Zhuravlev V.A. Determination of the anisotropy fields of polycrystalline hexaferrites by FMR / V.A. Zhuravlev, A.V. Zhuravlev, V.V. Atamasov, G.I. Malenko // ITM Web of Conferences. –2019. –V. 30. – P. 07007-1– 07007-6.
3. Zhukov A.A. Automation of measurements permittivity of materials by the capacitor method / A.A. Zhukov, V.V. Atamasov, G.I. Malenko // ITM Web of Conferences. – 2019. – V. 30. P. 11006-1–11006-4.
4. Zhuravlev V.A. Magnetocrystalline anisotropy and spin orientation phase transitions of Co₂Z hexaferrite doped with Ti⁴⁺ AND Zn²⁺ ions / V.A. Zhuravlev, A.V. Zhuravlev, V.V. Atamasov, G.I. Malenko // Russ. Phys. J. – 2020. – V. 62, № 10. – P. 1926–1936.
5. Atamasov V.V. Automation of measurements permeability of materials / G.I. Malenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. –V. 1488. –P. 012022-1– 012022-5.
6. Журавлев В.А. Магнитокристаллическая анизотропия и спин-ориентационные фазовые переходы гексаферрита Co₂Z, легированного ионами Ti⁴⁺ и Zn²⁺ / В.А. Журавлев, А.В. Журавлев, В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Известия вузов. Физика – 2019. –Т. 62. № 10. – С. 162–169.
7. Атамасов В.В. Информационное обеспечение курса «Программирование микроконтроллера Arduino Uno» / В.В. Атамасов, Г. И. Маленко // Труды четырнадцатой всероссийской конференции студенческих

научно-исследовательских инкубаторов, Томск. –2017 – С. 9–11.

8. Атамасов В.В. Информационное обеспечение курса «Программирование контроллера Arduino Uno» / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Сборник научных статей третьей международной научно-практической конференции, Барнаул –2017 – С. 13–17.

9. Атамасов В.В. Использование системы Moodle для организации и методического обеспечения практикума по курсу «Микропроцессорная техника» / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Материалы XXIV международной научно-методической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество», Санкт-Петербург – 2018 – С. 148–151.

10. Атамасов В.В. Использование электронных образовательных ресурсов в практикуме по курсу «Микропроцессорная техника» / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Сборник научных трудов по материалам VIII Международного педагогического форума молодых ученых «Актуальные вопросы теории и практики педагогической науки», Новосибирск –2018 – С. 23–32.

11. Атамасов В.В. Использование программно-аппаратного комплекса на базе NI ELVIS II и LabVIEW для измерения частотных зависимостей импедансов двухполюсников / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Материалы международной студенческой научно-практической конференции «Научный потенциал молодёжи и технический прогресс», Санкт-Петербург – 2018 – С. 33–34.

12. Атамасов В.В. Использование программно-аппаратного комплекса на базе NI ELVIS II и LABVIEW для измерения спектров диэлектрической проницаемости материалов конденсаторным методом / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Труды пятнадцатой всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов, Томск –2018. – С. 306-309.

13. Атамасов В.В. Автоматизация процесса измерения частотных зависимостей импеданса двухполюсников с использованием программно-аппаратного комплекса на базе LabVIEW и NI ELVIS II+ / В.В.Атамасов, Г.И. Маленко // Материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции «Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем», Барнаул – 2018 –С 20–23.

14. Атамасов В.В. Использование программно-аппаратного комплекса на

базе NI ELVIS II+ и LabVIEW для измерения спектров диэлектрической проницаемости материалов конденсаторным методом / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Материалы XIV международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», Томск – 2018 – С.106–110.

15. Атамасов В.В. Информационное и методическое обеспечение лабораторной работы «Удалённый доступ к измерительным устройствам» / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Материалы восьмой международной научно-практической конференции «Современный технологии в российской и зарубежных системах образования», Пенза – 2019 – С 13–18.

16. Атамасов В.В. Измерение диэлектрической проницаемости материалов конденсаторным методом помощью программно-аппаратного комплекса NI ELVIS II+ и LABVIEW / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Материалы международной научно-практической конференции «Научная сессия ТУСУР-2019», Томск – 2019 – С 96–99.

17. Атамасов В.В. Электронный образовательный ресурс для информационного и методического обеспечения лабораторного практикума по дисциплине «Измерительные приборы и устройства радиотехники» / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Сборник трудов второго международного научно-технического форума «Современный технологии в науке и образовании», Рязань – 2019 – Т. 9. – С 44–48.

18. Атамасов В.В. Информационное и методическое обеспечение лабораторной работы «Измерение импеданса двухполюсников / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Труды шестнадцатой всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов Томск – 2019 – С 218–221.

19. Атамасов В.В. Автоматизация измерений диэлектрической проницаемости материалов конденсаторным методом / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // 8-я Международная научно-практическая конференция ", Томск – 2019 – С 475–478.

20. Жуков А.А. Использование информационных технологий в лабораторном практикуме по курсу «Измерительные приборы и устройства в радиотехнике» / А.А. Жуков, Е.Ю. Коровин, В.В. Атамасов, Г.И. Маленко, Р.А. Василенко, О.С. Жабин // 8-я Международная научно-практическая конференция,

Томск – 2019 – С. 452–456.

21. Журавлев В.А. Исследование магнитокристаллической анизотропии планарных гексаферритов Z-типа методом ферромагнитного резонанса / В.А. Журавлев, А.В. Журавлев, В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Труды Четвертого Российско-Белорусского семинара. Томск – 2019 – С 74–78.

22. Атамасов В.В. Автоматизация измерения магнитной проницаемости материалов / В.В. Атамасов, Г.И. Маленко // Сборник трудов семнадцатой Всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов, Томск – 2020 – С 130–134.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнов В.И. Измерение теплового импеданса светодиодов и светодиодных матриц / В.И. Смирнов, В.А. Сергеев, А.А. Гавриков // Журнал измерительная техника. 2017. Т.1, №1. С. 33-36.
2. Александровский В.В. Диэлектрическая проницаемость 4-алкилокси-4'-формалазобензолов / В.В. Александровский, С.А. Кувшинова, В.А. Бурмистов // Журнал физической химии. – 2005. – Т. 79, № 7. – С. 1162-1164
3. Чистяков А.Д. Диэлектрическая проницаемость воды и водяного пара в состоянии насыщения // Журнал физической химии. 2007. Т. 81, № 1. С. 11–14.
4. Бобров П.П. Измерение диэлектрической проницаемости твердых образцов в диапазоне частот 25 Гц - 1 ГГц / П.П. Бобров, А.В. Репин // Известия высших учебных заведений. Физика – 2015. –Т. 58. –№ 8/2. – С. 9–12.
5. Ельцов Т.И. Измерение комплексной диэлектрической проницаемости образцов коллектора в диапазоне частот от 1 кГц до 1 ГГц / Т.И. Ельцов, Н.А. Голиков // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2016. – Т. 2. – № 2. – С. 177-181.
6. Ding R. Influence of accelerated aging on dielectric properties of extruded Nylon 6 film 2013 / R. Ding, N. Bowler // Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Shenzhen – 2013. –Р. 152–155,
7. Фролов К.О. Автоматизация процесса температурных исследований с применением измерительного комплекса Agilent E4980A и камеры тепла/холода THS 80 / К.О. Фролов, О.А. Доценко // NI academic days 2017. Москва. – 2017. –С. 8–10.
8. Шиганов А. Новые цифровые измерители импеданса с частотой сигнала до 10 МГц // Компоненты и Технологии. –2010. – Т.6., –№107. – С. 150–151.
9. Измеритель RLC LCR-78101G [электронный ресурс]. – URL: https://prist.ru/catalog/izmeriteli_rlc_laboratornye/lcr_78101g/ (дата обращения 25.01.2021)
10. Есиркепов А.Н. Распознавание дефектов буксовых подшипников на основе анализа характеристик вибросигналов / А.Н. Есиркепов, Е.А. Жирнова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – Т.2., –№11. – С. 81–82.
11. Богомоллов Л. М. О механизме электромагнитного влияния на кинетику микротрещин и электростимулированных вариациях акустической эмиссии

породных образцов // Физическая мезомеханика. –2010. – Т.13.,– №3. – С. 39–56.

12. Шабдаров Е.В. Автоматизированный комплекс на основе программной среды LabVIEW для проведения физических экспериментов / Е.В. Шабдаров, В.Н. Леухин // Труды Поволжского государственного технологического университета – 2016 – № 2. – С. 107–111.

13. Безгулов Д.А. Беспроводная система дистанционного мониторинга состояния машиниста / Д.А. Безгулов, В.И. Юхнов, Аль-Дхамари Джалал Халед Мохамед // Труды международной научно-практической конференции ТРАНСПОРТ - 2015. Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения – 2015. С. 21–23.

14. Магда Ю.С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков / Ю.С. Магда. – М.: ДМК Пресс, 2012. 208 с.

15. Белиовская Л.Г. Узнайте, как программировать на LabVIEW // – М.: ДМК Пресс, 2014. 140 с.

16. E4980A Precision LCR Meter [электронный ресурс]. – URL: <http://agilent.com/find/e4980a> (дата обращения 25.01.2021)

17. 4285A Precision LCR Meter URL: <https://www.keysight.com/ru/pd-1000000854%3Aeps%3Apro-pn-4285A/precision-lcr-meter-75-khz-to-30-mhz?nid=-32776.536880952&cc=RU&lc=rus> (дата обращения 25.01.2021)

19. Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах / А.А. Брандт, А.И. Костиенко, Л.Ю. Плакше, Т.С. Страхова // М.: Издательство физико-математической литературы. – 1963. – 404 с.

20. Hoefer W.J.R., The Transmission-Line Matrix Method - Theory and Applications, Microwave Theory & Tech-niques IEEE Transactions on, vol. 33, № 10, 1985. – pp. 882-893

21. Chinmoy D.G. Microwave Measurement of a Com-plex Dielectric Constant Over a Wide Range of Values by Means of a Waveguide-Resonator Method // IEEE Transactions on Microwave Theory & Techniques, vol. 22, № 4, 1974. – pp. 365-372

22. Taketomi K. A New Method of Measurement of Complex Dielectric Constant by Using Cylindrical Cavity Resonator // Transactions of the Society of Instrument & Control Engineers, vol. 18, № 4, 2009. – pp. 394-399.

23. Ming Z. A new method to measure the dielectric constant in complex

electromagnetic environment with black-box modeling regression method / Z Ming. S Dan. // Electromagnetic Compatibility (EMC-Beijing) IEEE 5th International Symposium on, 2017. – pp. 4-8.

24. Байдаров С. Ю., Бутаев М. М., Куроедов С. К., Светлов А. В. Использование технологии виртуальных приборов для определения частотных характеристик элементов и устройств систем управления / С.Ю. Байдаров, М.М. Бутаев, С.К. Куроедов, А.В. Светлов // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2012. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologii-virtualnyh-priborov-dlya-opredeleniya-chastotnyh-harakteristik-elementov-i-ustroystv-sistem-upravleniya> (дата обращения: 30.12.2020)

25. Трэвис Дж. LabVIEW для всех: графическое программирование стало простым и увлекательным / Дж. Трэвис, Дж. Кринг // М.: Нью-Джерси Прентис Холл, 2009. – 1032 с.

26. Жуков А.А. Организация электронного обучения на радиофизическом факультете // Лучшие практики электронного обучения. Материалы II практической конференции. Томск: Томский государственный университет. – 2016. –С. 29–35.

27. Брюханова В.В., Дорошкевич А.А., Кириллов Н.С., Мамонтова Э.Ж., Самохвалов И.В. Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы оптики» / В.В. Брюханова, А.А. Дорошкевич, Н.С. Кириллов, Э.Ж. Мамонтова, И.В. Самохвалов // Известия высших учебных заведений. Физика – 2015. –Т. 58. –№ 10/3. – С. 179–182.

28. Маслова Ю.В. Подготовка к разноуровневой профессиональной деятельности выпускников радиофизического факультета на основе лабораторного комплекса по ВОЛС / Ю.В. Маслова, А.П. Коханенко // Известия высших учебных заведений. Физика. –2015. –Т. 58.– № 10/3.– С. 197–199.

29. Жуков А.А., Использование информационных технологий в лабораторном практикуме по курсу «Измерительные приборы и устройства в радиотехнике» / А.А. Жуков, Е.Ю. Коровин, В.В. Атамасов, Г.И. Маленко, Р.А. Василенко, О.С. Жабин // Актуальные проблемы радиофизики АПР 2019. Томск. – 2019. –С. 452–455

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Справка о внедрении в учебный процесс

УТВЕРЖДАЮ

Декан радиофизического факультета
Томского государственного университета, доцент

А.Г. Коротаев

« 01 » февраля 2021 г.



СПРАВКА

об использовании в учебном процессе электронных курсов «Программирование измерительной аппаратуры в системе LabVIEW» и «Измерительные приборы и устройства в радиотехнике»

Настоящая справка подтверждает, что разработанные студентом 758 группы радиофизического факультета В.В. Атамасовым разделы электронных курсов «Программирование измерительной аппаратуры в системе LabVIEW» и «Измерительные приборы и устройства в радиотехнике» внедрены в учебный процесс радиофизического факультета. Курс «Программирование измерительной аппаратуры в системе LabVIEW» включает описание различных измерительных приборов и способов их программирования в системе LabVIEW. В.В. Атамасовым совместно с Г.И. Маленко в этом курсе разработаны два раздела «Прецизионный измеритель LCR Agilent E4980A» и «Прецизионный измеритель LCR Agilent E4285A». В каждом разделе приведены технические характеристики приборов, руководства по применению, ремонту, выбору продуктов и конфигурации, а также брошюры и сравнительные обзоры. Также в этих разделах приведены инструкции по применению приборов для измерения диэлектрической и магнитной проницаемостей материалов. Кроме этого в указанных разделах содержатся папки с программным обеспечением для работы с Agilent E4285A и Agilent E4980A. В этих папках представлены как основные виртуальные приборы, так и библиотеки и подприборы, необходимые для работы измерительной аппаратурой. Материалы этого электронного ресурса используются студентами радиофизического факультета при изучении дисциплин «Технологии организации приборных интерфейсов» «Labview - современная технология автоматизации измерений» и «Компьютерные технологии». Также разработанный электронный ресурс планируется использовать при выполнении студентами радиофизического факультета курсовых и квалификационных работ.

В курсе «Измерительные приборы и устройства в радиотехнике» В.В. Атамасовым совместно с Г.И. Маленко разработана лабораторная работа «Измерение полного сопротивления элементов электрических цепей». Студентом В.В. Атамасовым не только разработаны разделы указанных электронных курсов, но и проведены занятия со студентами по программированию и использованию приборов и устройств, описанных в этих разделах.

Руководитель ООП, к.ф.-м.н., доцент

В.А. Мещеряков

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: atamasov.v@mail.ru / ID: 8112741

Проверяющий: atamasov.v@mail.ru / ID: 8112741

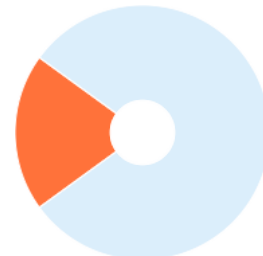
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»- <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 22
Начало загрузки: 02.02.2021 15:59:36
Длительность загрузки: 00:00:01
Имя исходного файла: ВР Атамасов.pdf
Название документа: ВР Атамасов
Размер текста: 45 кБ
Символов в тексте: 45609
Слов в тексте: 5215
Число предложений: 566

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки: 02.02.2021 15:59:38
Длительность проверки: 00:00:05
Комментарии: не указано
Модули поиска: Модуль поиска Интернет



ЗАИМСТВОВАНИЯ

19,67%

САМОЦИТИРОВАНИЯ

0%

ЦИТИРОВАНИЯ

0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

80,33%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.

Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.

Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска
[01]	2,8%	том_9СТНО-2019 (1/2)	http://rsreu.ru	22 Янв 2020	Модуль поиска Интернет
[02]	2,85%	http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtls:000671718/SOURC...	http://vital.lib.tsu.ru	23 Янв 2020	Модуль поиска Интернет
[03]	2,51%	http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vital:6053/SOURCE01	http://vital.lib.tsu.ru	07 Сен 2020	Модуль поиска Интернет

Еще источников: 17

Еще заимствований: 11,51%