

ISSN 2708-2032  
e-ISSN 2708-2040



**INTERNATIONAL  
UNIVERSITY**

**INTERNATIONAL  
JOURNAL OF INFORMATION  
& COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

---

**Volume 2, Issue 4  
March 2021**

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**INTERNATIONAL JOURNAL OF  
INFORMATION AND COMMUNICATION  
TECHNOLOGIES**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ И  
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ  
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ  
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

Том 2, Выпуск 8  
December 2021

Главный редактор – Ректор АО МУИТ,  
к.ф.-м.н.  
**Хикметов А.К.**

Заместитель главного редактора –  
Проректор по НИМД, PhD, ассоц. профессор  
**Дайнеко Е.А.**

Отв. секретарь – Директор департамента по науке, к.т.н., ассоц. профессор  
**Ипалакова М.Т.**

#### **ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Отельбаев М.О., д.ф.-м.н., профессор, АО «МУИТ», Рысбайулы Б., д.ф.-м.н., профессор, АО «МУИТ», Синчев Б.К., д.т.н., профессор, АО «МУИТ», Дузбаев Н.Т., PhD, проректор по ЦИИ, АО «МУИТ», Сейлова Н.А., к.т.н., декан ФКТК, АО «МУИТ», Мухамедиева А.Г., к.э.н., декан ФЦТ, АО «МУИТ», Ыдырыс А., PhD, заведующий кафедрой «МКМ», АО «МУИТ», Саксенбаева Ж.С., к.т.н., заведующий кафедрой «ИС», АО «МУИТ», Шильдибеков Е.Ж., PhD, заведующий кафедрой «ЭиБ», АО «МУИТ», Аманжолова С.Т., к.т.н., заведующий кафедрой «КБ», АО «МУИТ», Ниязгулова А.А., к.ф.н., заведующий кафедрой «МиИК», АО «МУИТ», Айтмагамбетов А.З., к.т.н., профессор, АО «МУИТ», Джоламанова Б.Д., ассоциированный профессор, АО «МУИТ», Разак А., PhD, профессор, АО «МУИТ», Алмисреб А.А., PhD, ассоциированный профессор, АО «МУИТ», Мохамед А.Н., PhD, ассоциированный профессор, АО «МУИТ», Prof. Young Im Cho, PhD, Gachon University (South Korea), Prof. Michele Pagano, PhD, University of Pisa (Italy), Tadeusz Wallas, PhD, D.Litt., Adam Mickiewicz University in Poznań (Poland), Тихвинский В.О., д.э.н., профессор, МТУСИ (Россия), Масалович А., к.ф.-м.н., Президент Консорциума Инфорус (Россия), Lucio Tommaso De Paolis, Research Director of the Augmented and Virtual Laboratory (AVR Lab), Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy), Prof. Liz Bacon, Deputy Principal and Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (Great Britain).**

Издание зарегистрировано Министерством информации и общественного развития Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет No KZ82VPY00020475 от 20.02.2020 г.

Журнал зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция)

Выходит 4 раза в год.

#### **УЧРЕДИТЕЛЬ:**

**АО «Международный университет информационных технологий»**

ISSN2708-2032 (print)  
ISSN2708-2040 (online)

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Кожухметова Б.А., Губский Д.С., Дайнеко Е.А., Ипалакова М.Т.</i> Численно-математическое моделирование современных устройств СВЧ и КВЧ диапазонов на примере микрополоскового резонатора.....	6
<i>Мубаракова С.Р., Аманжолова С.Т., Ускенбаева Р.К.</i> Актуальность кибербезопасности в современном мире.....	12
<i>Разак А., Әділ А.Ж., Аманжолова С.Т.</i> Новый инструмент для обнаружения взлома Wi-Fi на основе технологии блокчейн.....	18

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ И МЕНЕДЖМЕНТЕ

<i>Аукен В.М.</i> Анализ взаимодействия государственных доходов и аудита.....	38
<i>Бердыкулова Г.М.</i> Методология преподавания экономических дисциплин в цифровую эру.....	42

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Элле В.Ж., Мелисова Л.Т., Куандыков А.А., Куатбаева А.А., Аманбайқызы З.</i> Свойства реальных бизнес-процессов с точки зрения проектирования.....	49
<i>Кошимбай А.Б., Молдагулова А.Н.</i> Исследование метода анализа и обработки данных социальных сетей с целью определения тональности.....	55
<i>Базарбеков И.М., Шарипов Б.Ж.</i> разработка бизнес-процесса для получения онлайн услуг в организации образования .....	62
<i>Жунусов Д.О., Алиаскаров С.Ж.</i> метод классификации текстов на основе алгоритмов машинного обучения.....	69

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>Синчев Б.</i> О полиномиальной разрешимости класса np-complete.....	75
---	----

## CONTENTS

---

### INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS, CYBERSECURITY

- Kozhakhmetova B.A., Gubsky D.S., Daineko Y.A., Ipalakova M.T.*  
Numerical and mathematical modeling of modern devices of UHF and EHF bands on the example of a microstrip resonator.....6
- Mubarakova S.R., Amanzholova S.T., Uskenbayeva R.K.*  
Relevance of cybersecurity in the modern world.....12
- Razaque A., Adil A. Zh., Amanzholova S.T., Valiyev B.B.*  
Blockchain technology-featured novel air-cracking tool for wi-fi hacking detection.....18

### DIGITAL TECHNOLOGIES IN ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Auken V.M.*  
Interaction analysis of government revenue and audit.....38
- Berdykulova G.M.*  
Methodology of teaching the economic disciplines in digital era.....42

### INTELLIGENT SYSTEMS

- Elle V., Melissova L., Kuandykov A.A., Kuatbayeva A.A., Amanbaikyzy Z.*  
Properties of real business processes from a design point of view.....49
- Koshimbay A.B., Moldagulova A.N.*  
Research method of analyzing and processing social network data in order to determine the tonality.....55
- Bazarbekov I.M., Sharipov B.Zh.*  
development of a business process for obtaining online services in the organization of education .....62
- Zhunissof D.O., Aliaskarov S.Zh.*  
method for text classification based on machine learning algorithms .....69

### MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING

- Sinchev B.*  
On polynomial decision of class NP-complete.....75

## МАЗМҰНЫ

---

### АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕР, КИБЕРҚАУІПСІЗДІК

*Кожяхметова Б.А., Губский Д.С., Дайнеко Е.А., Ипалакова М.Т.*

Микрожолқты резонатор мысалында АЖЖ және ЕЖЖ диапазондарының заманауи құрылғыларын сандық-математикалық үлгілеу.....6

*Мубаракова С.Р., Аманжолова С.Т., Ускенбаева Р.К.*

Қазіргі әлемдегі кибер қауіпсіздіктің өзектілігі.....12

*Разак А., Әділ А.Ж., Аманжолова С.Т.*

Блокчейн технологиясына негізделген Wi-Fi хакерін анықтаудың жаңа құралы.....18

### ЭКОНОМИКАДАҒЫ ЖӘНЕ МЕНЕДЖМЕНТТЕГІ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

*Аукен В.М.*

Мемлекеттік кірістер және аудиттің өзара әсерлері.....38

*Бердіқұлова Ғ.М.*

Цифрлық дәуірде экономиканы оқыту әдістемесі.....42

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕЛЕР

*Элле В.Ж., Мелисова Л.Т., Қуандықов А.А., Қуатбаева А.А., Аманбайқызы З.*

Жобалау тұрғысынан нақты бизнес-процестердің қасиеттері.....49

*Көшімбай А.Б., Молдагулова А.Н.*

Тоналдылықты анықтау мақсатында әлеуметтік желілердің деректерін талдау және өңдеу әдісін зерттеу.....55

*Базарбеков И.М., Шарипов Б.Ж.*

Білім беру ұйымында онлайн қызмет көрсету үшін бизнес-процесін дамыту.....62

*Жунусов Д.О., Алиаскаров С.Ж.*

Машинналық оқыту алгоритмдері негізінде мәтіндер классификациясының әдісі.....69

### МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ

*Синчев Б.*

NP-complete сыныптың полиномиялық шешімі туралы.....75

# ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES  
ISSN 2708–2032 (print)  
ISSN 2708–2040 (online)  
Vol. 2. Is. 4. Number 08 (2021). Pp. 06–11  
Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz>  
<https://doi.org/10.54309/IJICT.2021.08.4.001>  
УДК 004.942

Кожухметова Б.А.<sup>1\*</sup>, Губский Д.С.<sup>1</sup>, Дайнеко Е.А.<sup>1</sup>, Ипалакова М.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

\*[b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz](mailto:b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz)

## ЧИСЛЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ СВЧ И КВЧ ДИАПАЗОНОВ НА ПРИМЕРЕ МИКРОПОЛОСКОВОГО РЕЗОНАТОРА

**Аннотация.** Данная статья посвящена моделированию устройств СВЧ и КВЧ диапазона. В качестве исследуемого объекта выбран микрополосковый резонатор. В статье рассмотрены и выявлены преимущества программных пакетов 3D электромагнитного компьютерного моделирования CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO, используемые для расчета и анализа СВЧ и КВЧ устройств. Для моделирования микрополоскового резонатора выбрана программа компьютерного моделирования CST Microwave Studio, с помощью которого были рассчитаны S-параметры устройства при изменении длины и ширины среднего проводника.

**Ключевые слова:** микрополосковый резонатор, CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO, математическое моделирование

### Введение

На сегодняшний день существует множество программных пакетов 3D электромагнитного компьютерного моделирования и расчёта СВЧ устройств, из которых наиболее популярными являются: CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO и другие. Каждая из этих программ обладает своими преимуществами и позволяет пользователю наиболее эффективно исследовать электромагнитные свойства СВЧ и КВЧ устройств.

### EM Software and Systems FEKO

FEKO – программа для моделирования и проектирования СВЧ устройств, позволяющая производить

анализ антенных систем и неоднородных диэлектрических сред разработанная компанией EMSS. Основным отличием данной программы от других программ моделирования является то, что программа дает возможность совмещать численные методы решения трехмерных электродинамических задач с приближенными аналитическими методами, т.е. применение методов моментов в сочетании с методами физической оптики и однородной теорией дифракции. Это позволяет справиться с основным недостатком программ компьютерного моделирования высокочастотных структур, как большие затраты ресурсов при моделировании объектов, размеры которых много больше длины волны [1]. Благодаря данной особенности, можно выделить FEKO среди других программ моделирования СВЧ устройств.

### Applied Wave Research Microwave Office

Microwave Office компании AWR - система разработки планарных СВЧ-устройств. Программа предоставляет возможности электромагнитного анализа планарных структур, разработки и моделирования линейных и нелинейных схем, редактирования топологии и 2.5D электромагнитного анализа. Система обладает обширной библиотекой, предназначенной для выполнения анализа частотных характеристик методами гармонического баланса и с помощью рядов Вольтерра.

Вычислительный модуль системы работает в частотной и во временной областях, а также выполняет анализа линейных и нелинейных схем, такие как: анализ схем на основе рядов Вольтерра, анализ переходных процессов, конверсионно-матричный анализ, использование одночастотного и многочастотного методов гармонического баланса для анализа нелинейных схем, метод линейного анализа и др.

Традиционные реализации метода гармонического баланса построены на базе алгоритма анализа низкочастотных аналоговых схем, а система Microwave Office была разработана исключительно для высокочастотных и сверхвысокочастотных приложений, что делает ее значительно быстрее всех существующих продуктов (фактически в реальном времени) [2].

### **Ansoft High Frequency Structure Simulator**

High Frequency Structure Simulator (HFSS) – один из базовых коммерческих пакетов полноволнового трёхмерного электромагнитного моделирования для проектирования СВЧ-структур.

HFSS – стандартно используемое промышленное программное обеспечение для нахождения S-параметров. Программа позволяет создавать модели и рассчитывать трехмерные электромагнитные поля для высокочастотных элементов и узлов. Инженеры полагаются на точность, способности и характеристики HFSS, чтобы проектировать различные устройства (внутренние соединения печатных плат, антенны, биомедицинские устройства). HFSS использует метод конечных элементов (FEM), чтобы вычислить электрическое поведение высокочастотных элементов и узлов. С HFSS можно рассчитать параметры (S, Y, Z), визуализировать трехмерные электромагнитные поля (в ближней и дальней зонах) и создавать эффективные модели, чтобы оценить качество сигнала, включая потери при распространении волны, обратные потери из-за отсутствия согласования импеданса, плохую состыковку и излучение.

Большие возможности открываются при использовании Ansoft HFSS, в частности, для проектирования сложных антенн, включая антенные решетки. В настоящее время высокая точность расчетов методом конечных элементов доказана для сложных волноводных конструкций. Программа HFSS Ansoft, дополнительно к численному методу, содержит аналитические методы, реализованные с помощью макросов, т.е. внутренних функций, рассчитываемых и реализованных в отдельных подпрограммах. Кроме этого, в программе Ansoft HFSS имеется идеальный согласованный слой (Perfect Matched Layer) и периодические граничные условия, а также мощная пост-процессорная обработка [3].

### **Computer Simulation Technology Microwave Studio**

CST Microwave Studio – одна из самых продвинутых и популярных программ моделирования для устройств СВЧ. Программа позволяет производить быстрое и точное численное моделирование СВЧ устройств, также выполнять анализ проблем целостности радиосигналов и электромагнитной совместимости.

С помощью CST Microwave Studio можно проектировать различные модели устройств, такие как: планарные, спиральные, рупорные антенны; делители и сумматоры мощности; микрополосковые, волноводные и диэлектрические фильтры; микрополосковые и волноводные направленные ответвители; соединители; оптические узлы и другие устройства.

Для решения поставленных электродинамических задач в пакете CST Microwave Studio используются следующие методы: метод конечного интегрирования, метод аппроксимации для идеальных граничных условий, метод тонких стенок.

Среда проектирования CST обеспечивает прямой доступ к различным параметрам анализируемых структур и схем, например, геометрическим размерам, характеристикам материалов, номиналам элементов, что делает возможным выполнение быстрой настройки и оптимизацию проектов. Для дополнительной обработки результатов расчета без повторного перезапуска анализа используется метод интеллектуальной интерполяции.

Таким образом, программный пакет компьютерного моделирования CST Microwave Studio является наиболее удобным и оптимальным вариантом для решения поставленной задачи ввиду ряда своих преимуществ перед конкурентными продуктами других фирм производителей [4].

В данной статье рассматривается моделирование измерительного прибора с возможностью удаленного доступа на примере микрополоскового резонатора. Удаленный доступ будет реализован путем разработки клиент-серверного приложения. В созданном приложении серверная компонента включает в себя базу данных собранных лабораторных работ, числовые данные (двоичные файлы) с результатами расчётов и натурных экспериментов для дальнейшей обработки и отображения на экранах измерительных приборов, серверные части программного обеспечения виртуальных моделей. Клиентская компонента отвечает в основном за отображение интерфейса измерительного прибора и вывод необходимой информации. В качестве интерфейса измерительного прибора будет использоваться полностью реалистичная «отрисовка» рабочей панели изучаемого устройства.

Новизна исследования состоит в использовании численно-математического моделирования устройств СВЧ и КВЧ диапазона для создания удаленной виртуальной лаборатории. Теоретическая ценность данной статьи обусловлена тем что, результаты теоретического исследования моделирования на примере микрополоскового резонатора может служить основой для дальнейшей разработки виртуальных моделей устройств данного диапазона. Практическая ценность заключается в том, что данные результаты исследования используются для создания удаленной виртуальной лаборатории для измерения радиотехнических характеристик сигнала.

### Модель микрополоскового резонатора

Модель исследуемого микрополоскового резонатора разработана для включения в состав виртуальной лаборатории по изучению устройств СВЧ и КВЧ диапазонов. В соответствии с концепцией виртуальной лаборатории [5] моделируемое устройство должно быть представлено как независимый программный модуль (динамически подключаемая библиотека, dll-файл) с определенным внешним интерфейсом, обеспечивающим взаимодействие с подключаемыми другими приборами и устройствами путем создания необходимых соединений в конфигураторе. Поэтому изучаемое устройство в разработанной концепции должно быть представлено на основе абстрактного «черного ящика», который поддерживает систему входных/выходных сигналов, адекватно реагирует на вызов внутренних функций посредством входных сигналов и возвращает необходимые данные устройствам, которые их запросили. При этом моделируемое устройство действительно может рассматриваться как некий объект, способный реагировать на запрос извне и возвращать необходимые числовые данные, благодаря переопределению соответствующих виртуальных функций. Например, модель микрополоскового резонатора на запрос извне (например, от модели векторного анализатора цепей) должна вернуть значение своей характеристики, т.е. параметры S-матрицы. В общем случае не имеет значения откуда и как эти данные были получены. Поэтому есть два оптимальных варианта:

- аналитическое (численное) вычисление каждый раз необходимых данных;
- выбор необходимых данных из базы данных.

В первом случае характеристики устройства должны быть описаны с помощью аналитических (математических) выражений, а в компьютерной модели предусмотрены ограничения численных значений, если они существуют.

В другом случае, необходимо отметить, что выбор из базы данных является общим и легко реализуемым, т.к. все необходимые данные могут быть представлены в двоичном файле, к которому организован быстрый доступ и выбор необходимых значений. Однако, при этом может потребоваться аппроксимация данных, которую можно реализовать методом Ньютона, точности которого вполне достаточно для прорисовки АЧХ.

Поэтому при моделировании простых устройств использовались аналитические вычисления. А при моделировании с помощью различных сторонних пакетов – экспорт значений в базу данных. Рассмотрим его реализацию на примере пакета CST Microwave Studio.

Одним из стандартных форматов экспорта результатов расчета (например, S - параметров) из CST Microwave Studio является текстовый формат файла. Для их преобразования и загрузки в создаваемые модули новых устройств СВЧ были созданы необходимые программные модули, которые осуществляют преобразование и запись данных в специально организованные бинарные файлы (базы данных). Причем необходимо отметить, что каждый раз, создаваемый бинарный файл данных организован так, чтобы обеспечить максимально быстрый доступ к необходимым данным, соответствующим заданным параметрам устройства.

При изменении параметров модели в пользовательском интерфейсе, программное обеспечение модуля автоматически выбирает соответствующий этим параметрам набор значений и использует полученную информацию в выходном сигнале. Следует отметить, что полученные значения являются дискретными и для построения амплитудно-частотной характеристики необходимо применять интерполяцию. Рассчитанные характеристики (S - параметры) микрополоскового резонатора получены при равноотстоящих друг от друга частотах, при этом выбранный шаг изменения частоты достаточно мал. Поэтому, для получения промежуточных значений достаточно построения интерполяционного многочлена Ньютона второй степени. Это справедливо для всех модулей устройств, используемых нами.

Аналогично может быть реализована конвертация результатов экспериментальных исследований новых устройств и обработка стандартных файлов \*.s2p, которые можно получить (сохранить) при исследовании устройств на современном высокотехнологичном оборудовании.

Исследуемая модель микрополоскового резонатора представляет собой отрезок волновода с диэлектрической подложкой, на которой расположены три металлических проводника. С помощью пакета проектирования CST Microwave Studio были рассчитаны S-параметры устройства при изменении длины ( $l$ ) и ширины ( $s$ ) среднего проводника. Модель микрополоскового резонатора представлена на рисунке 1.

Расчеты S-параметров проведены при изменении длины среднего проводника от 18 мм до 26 мм с шагом 1 мм и его ширины – от 1 мм до 2 мм с шагом 0,1 мм. Полученный набор расчетных данных для различных геометрических размеров был обработан и представлен в бинарном виде.

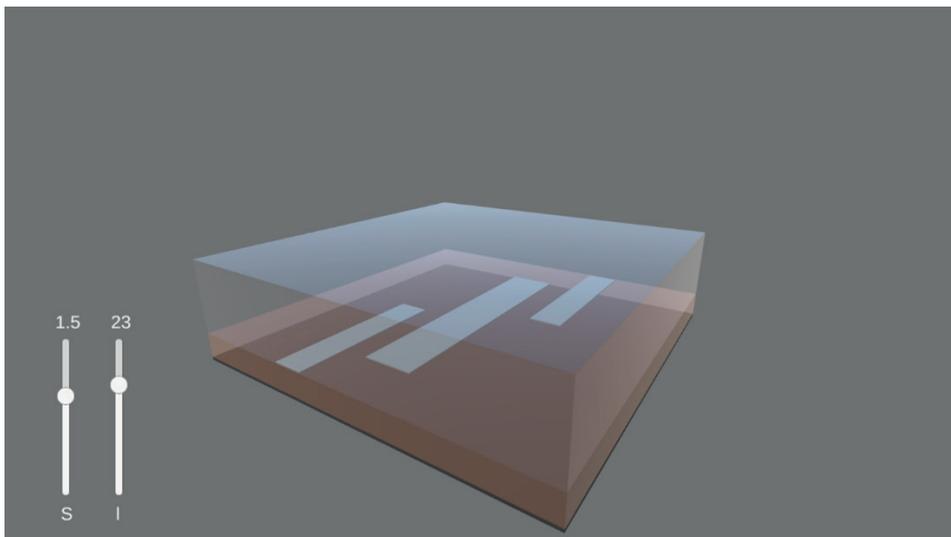


Рисунок 1 – Модель микрополоскового резонатора

Пользовательский интерфейс модели микрополоскового резонатора позволяет изменять длину и ширину среднего проводника. После изменений пользователем размеров резонатора из бинарного файла выбирается нужный набор S-параметров, который обрабатывается соответствующим образом и передается для отображения в измерительный прибор. Процесс обработки происходит в несколько этапов:

- устройство (в нашем случае микрополосковый резонатор) вызывает через свой выходной сигнал соответствующую функцию измерительного прибора (например, векторного анализатора цепей);
- вызванная функция измерительного прибора «понимает», что в устройстве произошли изменения и надо перестроить его АЧХ;
- измерительный прибор вызывает через свою систему сигналов, подключенных в конфигураторе [5], соответствующую функцию устройства и получает необходимые данные для перерисовки АЧХ.

Используя органы управления измерительного прибора, можно проводить необходимые измерения (например, величину затухания, полосу рабочих частот, исследовать их зависимость от геометрических размеров резонатора). На рисунке 2 представлен интерфейс виртуальной лаборатории. Измерительный прибор представлен векторным анализатором цепей R&S®ZVA 40, работающем в диапазоне от 10МГц до 40ГГц.

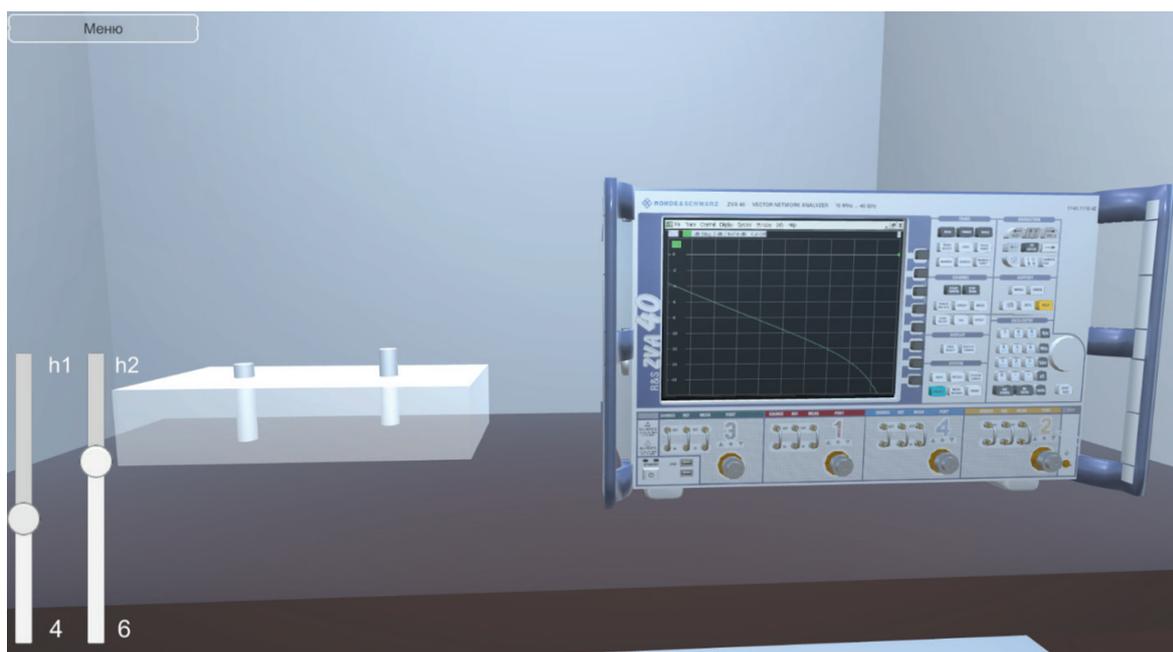


Рисунок 2 – Интерфейс виртуальной лаборатории

### Заключение

Вопросам моделирования устройств СВЧ посвящено большое количество работ, в которых авторы показали, что для адекватного описания электродинамических характеристик устройств СВЧ могут быть использованы различные системы автоматизированного проектирования, например, CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO или строгие численно-аналитические методы, обеспечивающие высокую скорость расчета необходимых параметров. При этом авторы отметили преимущества программного пакета компьютерного моделирования CST Microwave Studio при построении моделей различных устройств СВЧ диапазона.

Таким образом, используя в качестве исходных данных результаты расчетов, полученные с помощью программного продукта CST Microwave Studio, можно создать большое количество различных моделей СВЧ устройств и приборов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FEKO [Электронный ресурс] [https://rtf.sfedu.ru/noc1/soft\\_feko.html](https://rtf.sfedu.ru/noc1/soft_feko.html) / (дата обращения 26.11.2021)
2. Microwave Office, AWR Software [Электронный ресурс] <https://www.awr.com/ru/products/microwave-office> / (дата обращения 26.11.2021)
3. Ansys HFSS, Best-In-Class 3D High Frequency Electromagnetic Simulation Software [Электронный ресурс] <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-hfss> / (дата обращения 26.11.2021)
4. CST studio suite electromagnetic field simulation software [Электронный ресурс] [CST Studio Suite 3D EM simulation and analysis software \(3ds.com\)](https://www.3ds.com/cst-studio-suite) / (дата обращения 26.11.2021)
5. Gubsky, D. S., Kleschenkov, A. B., and Mamay, I. V., «Virtual laboratory for microwave measurements», Computer Applications in Engineering Education, Vol. 27, No. 6, 1496–1505, 2019.

### REFERENCES

1. FEKO [Electronic resource] [https://rtf.sfedu.ru/noc1/soft\\_feko.html](https://rtf.sfedu.ru/noc1/soft_feko.html) / (accessed 26.11.2021)
2. Microwave Office, AWR Software [Electronic resource] <https://www.awr.com/ru/products/microwave-office> / (accessed 26.11.2021)
3. Ansys HFSS, Best-in-Class 3D high Frequency Electromagnetic Simulation Software [Electronic resource] <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-hfss> / (accessed 26.11.2021)
4. CST studio suite electromagnetic field simulation software [Electronic resource] [CST Studio Suite 3D EM simulation and analysis software \(3ds.com\)](https://www.3ds.com/cst-studio-suite) / (accessed 26.11.2021)
5. Gubsky, D. S., Kleschenkov, A. B., and Mamay, I. V., «Virtual laboratory for microwave measurements», Computer Applications in Engineering Education, Vol. 27, No. 6, 1496–1505, 2019.

**Кожухметова Б.А., Губский Д.С., Дайнеко Е.А., Ипалакова М.Т.**

#### **Микрожолакты резонатор мысалында АЖЖ және ЕЖЖ диапазондарының заманауи құрылғыларын сандық-математикалық үлгілеу**

**Андатпа.** Бұл мақала АЖЖ және ЕЖЖ диапазондарының құрылғыларды модельдеуге арналған. Зерттелетін объект ретінде микрожолакты резонатор таңдалды. Мақалада АЖЖ және ЕЖЖ құрылғыларды есептеу және талдау үшін пайдаланылатын CST microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO электромагниттік компьютерлік модельдеудің 3D бағдарламалық пакеттерінің артықшылықтары қарастырылып, анықталды. Микрожолакты резонаторды модельдеу үшін CST Microwave Studio компьютерлік модельдеу бағдарламасы таңдалды, оның көмегімен орташа өткізгіштің ұзындығы мен ені өзгерген кезде құрылғының S-параметрлері есептелді.

**Түйін сөздер:** микрожолакты резонатор, CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO, математикалық модельдеу.

**Kozhakhmetova B.A., Gubsky D.S., Daineko Y.A., Ipalakova M.T..**

#### **Numerical and mathematical modeling of modern devices of UHF and EHF bands on the example of a microstrip resonator**

**Abstract.** This article is devoted to modeling UHF and EHF range devices. A microstrip resonator selected as the object under study. The article discusses and identifies the advantages of 3D electromagnetic computer modeling software packages CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO, used for the calculation and analysis of UHF and EHF devices. To simulate a microstrip resonator, the CST

Microwave Studio computer simulation program was selected, with the help of which the S-parameters of the device were calculated when the length and width of the middle conductor changed

**Key words:** microstrip resonator, CST Microwave Studio, Ansoft HFSS, AWR Microwave Office, EMSS FEKO, mathematical modeling.

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Кожухметова Багдат Абдурашидовна**, магистр, «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» кафедрасының сениор-лекторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті.

**Губский Дмитрий Семёнович**, ф.-м.ғ.к., «Қолданбалы электродинамика және компьютерлік модельдеу» кафедрасының доценті, Оңтүстік федералды университет, ORCID: 0000-0001-6651-5953.

**Дайнеко Евгения Александровна**, PhD, «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» кафедрасының ассистент-профессоры Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, ORCID: 0000-0001-6581-2622.

**Ипалакова Мадина Толегеновна** т.ғ.к., «Компьютерлік инженерия» кафедрасының ассистент-профессоры Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, ORCID: 0000-0002-8700-1852.

**Сведения об авторах:**

**Кожухметова Багдат Абдурашидовна**, магистр, сениор-лектор кафедрасы «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Международного университета информационных технологий.

**Губский Дмитрий Семёнович**, к.ф.-м.н., доцент кафедрасы «Прикладной электродинамики и компьютерного моделирования» Южного федерального университета, ORCID: 0000-0001-6651-5953.

**Дайнеко Евгения Александровна**, PhD, ассистент-профессор кафедрасы «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Международного университета информационных технологий, ORCID: 0000-0001-6581-2622.

**Ипалакова Мадина Толегеновна**, к.т.н., ассистент-профессор кафедрасы «Компьютерная инженерия» Международного университета информационных технологий, ORCID: 0000-0002-8700-1852.

**About authors:**

**Bagdat A. Kozhakhmetova**, master, senior-lecturer of «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications» department, International Information Technology University.

**Dmitry S. Gubsky**, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of «Applied Electrodynamics and Computer Modeling» department, Southern Federal University, ORCID: 0000-0001-6651-5953.

**Yevgeniya A. Daineko**, PhD, assistant-professor of the «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications» department, International Information Technology University, ORCID: 0000-0001-6581-2622.

**Madina T. Ipalakova**, candidate of technical sciences, assistant-professor of the «Computer Engineering» department, International Information Technology University, ORCID: 0000-0002-8700-1852.

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND  
COMMUNICATION TECHNOLOGIES

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И  
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ  
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ

Ответственный за выпуск	Есбергенов Досым Бектенович
Редакторы	Медведев Евгений Юрьевич
Компьютерная верстка и дизайн	Жадыранова Гульнур Даутбековна

Редакция журнала не несет ответственности за  
недостоверные сведения в статье и  
неточную информацию по цитируемой литературе

Подписано в печать 15.12.2021 г.  
Тираж 500 экз. Формат 60x84 1/16. Бумага тип.  
Уч.-изд.л. 6.5. Заказ №170