

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ФГБУ «ГНМЦ»
Минобороны России,
кандидат технических наук
Т.Ф. Мамлеев



« 29 » 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ на диссертацию

Коренева Андрея Викторовича

выполненную по специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

на тему «Методика измерения и контроля электрофизических параметров коаксиальных изоляторов в расширенном температурном диапазоне»,

**и представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Соискателем Корневым Андреем Викторовичем выполнена диссертационная работа, **актуальность которой определяется** потребностью систем связи и радиолокации, беспилотных летательных аппаратов, измерительной и ракетно-космической техники, требующих развития технологии и улучшения технических характеристик коаксиальных сверхвысокочастотных (СВЧ) соединителей и переключателей. Для удовлетворения потребностей к устройствам в этих сферах необходимо повышать их стойкость к внешним воздействующим факторам, таким как температура окружающей среды, вибрационные и ударные нагрузки. Немаловажным является развитие производства с целью снижения себестоимости производства. Применение новых диэлектриков в высокочастотных устройствах требует исследования их электрофизических свойств в необходимом диапазоне частот и при требуемых внешних температурных воздействиях.

Целью научно-исследовательской диссертационной работы соискателя является разработка методики измерения и контроля электрофизических параметров коаксиальных изоляторов в расширенном температурном диапазоне.

При проведении исследования:

а) автор поставил и решил задачи, заключающиеся в:

- разработке методики измерения эффективных электрофизических параметров изоляторов в нормальных условиях;

- исследовании методики для её использования в расширенном температурном диапазоне;

- применении методики для разработки СВЧ устройств, работающих при температуре до плюс 300 °С;

- применении методики для контроля электрофизических параметров изоляторов сложной формы в производственном процессе;

б) автором получены научно-обоснованные технические разработки:

- впервые разработана новая методика измерения эффективных электрофизических параметров изоляторов коаксиальных СВЧ устройств на основе четвертьволнового резонатора, что позволило в отличие от существующих оценить общую погрешность эффективности диэлектрической проницаемости изоляторов на уровне не более 4%;

- выполнены измерения параметров изоляторов с использованием предложенных аппроксимаций с оценкой погрешности методики;

- на основе предложенных аппроксимаций разработана и внедрена в производство на АО «Иркутский релейный завод» методика измерения эффективной диэлектрической проницаемости изоляторов коаксиальных соединителей, что позволило снизить затраты на контроль качества и исключить отбраковку годных деталей;

- впервые получены высокотемпературные зависимости эффективных электрофизических параметров материалов изоляторов соединителей AR200, ПЭЭК-5Г, ПИ-ПР-20, что позволило разработать не имеющий аналогов высокотемпературный соединитель.

В ходе решения научных задач исследования, при разработке указанных технических решений, автор **лично получил следующие наиболее существенные новые научные результаты и положения:**

- впервые предложил функциональные зависимости паразитных эффектов от конструкции четвертьволнового резонатора и материала образца в нём, позволяющие учесть влияние этих факторов при расчете эффективной диэлектрической проницаемости образца со значением не более 4 в диапазоне частот до 12 ГГц и проводить измерения эффективной диэлектрической проницаемости полимерных изоляторов с погрешностью не более 4%;

- впервые разработал методику измерения электрофизических параметров изоляторов с использованием четвертьволнового резонатора обеспечивающую проведение измерений в диапазоне температур до плюс 300 °С, что позволяет разрабатывать коаксиальные СВЧ устройства с расширенным рабочим температурным диапазоном и без ухудшения параметров по сравнению с аналогичными устройствами, работающими в стандартном температурном диапазоне.

- применил разработанную методику четвертьволнового резонатора для контроля параметров изоляторов коаксиальных устройств, вместо измерения геометрических размеров, что позволило использовать конструкцию со

сложной конфигурацией поперечного сечения внутренних полостей, вместо круглой конфигурации, и достичь на 26% более низкой эффективной диэлектрической проницаемости с сохранением жесткости конструкции и пропорциональным увеличением частотного диапазона.

Научная новизна полученных результатов, заключается в том, что:

- новая методика измерения эффективных электрофизических параметров изоляторов коаксиальных СВЧ устройств разработана на основе четвертьволнового резонатора;

- предложенные новые функциональные зависимости позволяют описывать возникающие в резонаторе паразитные эффекты, которые влияют на измеряемые параметры диэлектриков;

- впервые полученные высокотемпературные зависимости эффективных электрофизических параметров материалов изоляторов соединителей AR200, ПЭЭК-5Г, ПИ-ПР-20 позволили разработать не имеющий аналогов высокотемпературный соединитель.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается достаточным количеством экспериментальных результатов исследований, корректным применением аппарата математической статистики, подтверждением результатов исследований теоретическими расчетами.

Достоверность полученных научных результатов основывается на полученных экспериментальных результатах исследований, испытаний большого количества единиц аппаратуры и её составных частей, **подтверждается** статистической оценкой исследуемых метрологических характеристик, а также согласованностью результатов с применяемыми методами матричной алгебры и электромагнитным моделированием методом конечных элементов, теоретических расчетов и экспериментальных исследований, апробацией основных результатов диссертации в печатных трудах и докладах на 5 международных и российских конференциях, положительными итогами практической реализации работы.

Теоретическая значимость полученных научных результатов характеризуется тем, что при выполнении научной работы выявлены паразитные эффекты, влияющие на резонансную частоту четвертьволнового резонатора, что позволило впервые разработать методику измерения электрофизических параметров изоляторов сложной формы. С помощью предложенной методики получены температурные зависимости электрофизических параметров термостойких материалов.

Практическая ценность полученных научных результатов состоит в том, что:

- разработанная методика измерения электрофизических параметров изоляторов сложной формы внедрена в производственный процесс для измерения параметров изоляторов коаксиальных СВЧ устройств, что позволило отказаться от проведения измерений ряда размеров деталей и тем самым увеличить эффективность их контроля;

- с помощью предложенной методики получены температурные зависимости электрофизических параметров термостойких материалов, разработан и внедрен в производство не имеющий аналогов коаксиальный СВЧ соединитель, обладающий максимальной рабочей температурой плюс 300°С;

- применение изоляторов оригинальной конструкции с контролем их электрофизических параметров в производственном процессе позволило разработать и внедрить в производство коаксиальные СВЧ переключатели с высокочастотными характеристиками на уровне лучших мировых аналогов.

Полученные в ходе исследования и выносимые на защиту научные результаты реализованы в АО «Иркутский релейный завод»:

- серийно выпускается коаксиальный СВЧ переключатель ПСВЧ-2ПЗН, что подтверждается актом внедрения;

- разработанная методика измерения эффективных электрофизических параметров изоляторов сложной формы внедрены в технологических процесс коаксиальных соединителей переключателя, по результатам работы оформлен акт внедрения;

- разработан и серийно выпускается коаксиальный СВЧ соединитель СРГ-50-32-011 с интерфейсом SMA, с рабочим диапазоном частот до 20 ГГц и рабочим температурным диапазоном до плюс 300°С;

- разработана и серийно выпускается универсальная контактная система СВЧ переключателя с диапазоном частот до 18 ГГц, которая в настоящее время используется в конструкциях прототипов переключателей 2ПЗН.

Основные результаты исследования с достаточной полнотой **опубликованы** в 10 научных работах, в т.ч. в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ, опубликовано 3 статьи.

Полученные в ходе исследований и выносимые на защиту научные результаты, целесообразно использовать при производстве коаксиальных СВЧ соединителей и переключателей для обеспечения потребности систем связи и радиолокации, беспилотных летательных аппаратов, измерительной и ракетно-космической техники.

Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация и автореферат написаны грамотно, стиль изложения доказательный, оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Однако, наряду с выше указанными положительными сторонами в диссертации имеется ряд недостатков:

- к диссертации не приложены акты расчетов экономической эффективности, полученной при использовании научных разработок автора на производстве;

- недостаточно корректно указана минимальная температура проводимых исследований «от нормальных условий до 300°С»;

В целом, отмеченные недостатки и замечания по диссертации не снижают достоинств выполненной научной работы.

Исходя из результатов написанной диссертационной работы, автореферата и списка научных публикаций следует что, автор лично спланировал эксперимент, разработал методы и методику, получил и проанализировал полученные результаты, принимал непосредственное участие в апробации результатов исследований, публикации научных статей.

Выводы:

1. Содержание работы соответствует паспорту научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» в части: п. 1, 2, 3, отрасль науки – технические науки.

2. **Представленная соискателем Корневым Андреем Викторовичем диссертация является научно-квалификационной работой**, в которой:

содержится **решение научной задачи, имеющей существенное значение для** технических наук по группе научных специальностей 2.2. «Электроника, фотоника, приборостроение и связь»;

изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, **имеющие существенное значение** для обеспечения систем связи и радиолокации, беспилотных летательных аппаратов, измерительной и ракетно-космической техники, что **соответствует абзацу второму (первого пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней»**, а ее автор, **Корнев Андрей Викторович достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.**

Отзыв обсужден и одобрен на заседании НТС ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, протокол № 22-23 от 22.11.2023 г.

Отзыв составили:

Главный научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, доктор технических наук, профессор



Храменков В.Н.

Старший научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, кандидат технических наук



Решетников А.А.