

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зебека Станислава Евгеньевича «Измерительные микроволновые устройства на основе метода прямого преобразования частоты», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

### Актуальность диссертационной работы

В настоящее время идет интенсивное развитие телекоммуникационных систем в направлении увеличения емкости проводных и беспроводных информационных каналов, дальности и безопасности передачи данных при возможности привлечения наибольшего числа пользователей. Все это обуславливает переход на более высокие частоты, вплоть до E-диапазона (60...80 ГГц). В связи с этим возникает насущная потребность в применении надлежащего высокоточного и в тоже время недорогого измерительного оборудования СВЧ диапазона. В связи с этим, разработка микроволновых измерительных устройств, предназначенных для оперативного анализа состояния СВЧ трактов, обладающих повышенной точностью измерений параметров цепей при малых габаритах, массе и стоимости, является важной задачей. Таким образом, тематика и решаемый круг задач диссертации Зебека С.Е. актуальны и имеют важное практическое значение.

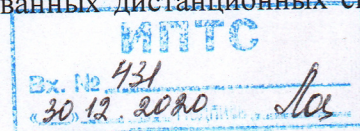
### Научная новизна результатов диссертации

К наиболее важным научным результатам работы следует отнести:

- защищенный патентом способ измерения модуля и аргумента комплексного коэффициента отражения, основанный на прямом преобразовании частоты путем квадратурного синхронного детектирования микроволновых колебаний, ответвляемых из первичного СВЧ тракта;
- математическую модель, описывающую данный способ измерения с помощью полученных автором расчетных соотношений;
- новые конструкции измерительных приборов, реализующих предложенный способ определения модуля и аргумента коэффициента отражения (имеется патент на полезную модель);
- результаты исследования влияния неидентичности зондов на точность проводимых измерений при использовании фазового распределения поля в линии передачи;
- метод коррекции мультипликативной погрешности измерений модуля коэффициента отражения с использованием четвертой гармоники спектра дискретного сигнала с применением дискретного преобразования Фурье отсчетов амплитудного распределения поля в линии передачи;
- демонстрацию возможности автоматизации процесса измерения на основе многозондовой измерительной линии и разработан алгоритм измерения с минимизацией среднеквадратической ошибки, возникающей из-за наличия погрешностей измерения квадратурных составляющих.

### Практическая значимость результатов диссертации состоит в следующем:

- теоретически и экспериментально подтверждена возможность применения предложенного нового квадратурного способа измерения для создания компактных и недорогих устройств, отличающихся повышенной точностью потоковых измерений в микроволновых трактах;
- полученные теоретические и экспериментальные оценки метрологических характеристик разработанных измерительных устройств позволяют в перспективе создать целостную методику построения таких устройств, предназначенных для работы вплоть до миллиметровых длин электромагнитных волн;
- представленные алгоритмы цифровой обработки измерительной информации можно использовать для построения цифровых автоматизированных дистанционных систем



встроенного контроля и диагностики состояния сложных микроволновых трактов радиотехнических объектов.

### **Достоверность полученных результатов**

Обеспечивается корректным применением математического аппарата и сопоставлением результатов теоретических исследований и компьютерного моделирования с данными экспериментальных измерений для изготовленных макетов разработанных измерительных устройств. При этом использовались специальные высокоточные средства калибровки и современные измерительные приборы.

**Основные научные результаты диссертации** опубликованы в 24 печатных научных работах, среди которых 5 публикаций в журналах и изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ и приравненных к ним; 17 докладов в материалах Международных конференций, одна из которых индексируется в Scopus. Получены два патента РФ.

Автореферат диссертации дает полное представление о полученных результатах, их научной ценности и практической значимости.

### **По содержанию автореферата можно сделать несколько замечаний.**

1. При оценке методической погрешности предложенного способа измерения автор учитывал только разбаланс фаз и разбаланс амплитуд квадратурного демодулятора, что недостаточно, поскольку на границах динамического диапазона существенное влияние будет оказывать также нелинейность детекторной характеристики.

2. Из автореферата не ясно, в каких внешних условиях проводились измерения, исследовалось ли влияние долговременных и кратковременных колебаний температур, влажности, вибраций и других внешних факторов на точность измерений.

Данные замечания носят не очень принципиальный характер. В целом, диссертационная работа Зебека Станислава Евгеньевича «Измерительные микроволновые устройства на основе метода прямого преобразования частоты» является завершённой научно-исследовательской работой, в которой получены новые и важные научные и практические результаты. Поэтому считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, полностью соответствует паспорту специальности, а её автор, Зебек Станислав Евгеньевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Доктор технических наук, профессор,  
декан факультета Радио и Телевидения Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ)

А.В. Пестряков

Адрес: ул. Авиамоторная, д. 8а, Москва, 111024  
Телефон: (495) 957-77-31, (495) 957-79-27  
e-mail: [kanc@mtuci.ru](mailto:kanc@mtuci.ru), [a.v.pestriakov@mtuci.ru](mailto:a.v.pestriakov@mtuci.ru)

Подпись профессора Пестрякова А.В. заверяю

Проректор МТУСИ по научной работе

Ю.Л. Леохин



С отзывом ознакомлен

30.12.2020

Зебек С.С.