

ОТЗЫВ

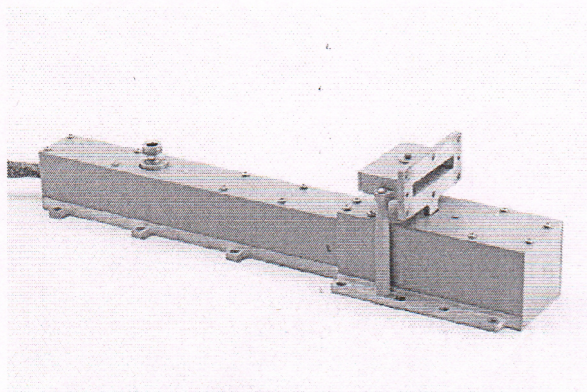
официального оппонента на диссертационную работу

Зебека Станислава Евгеньевича

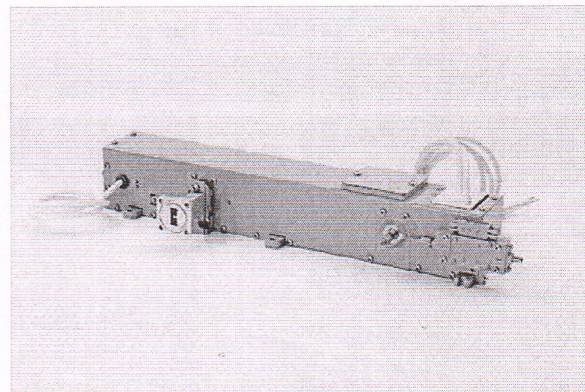
на тему «Измерительные микроволновые устройства на основе метода прямого преобразования частоты»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Задача встроенного контроля мощности падающей волны и комплексного коэффициента отражения в отрезке линии передачи с неизвестной оконечной нагрузкой особенно актуальна в нестандартных направляющих системах. В качестве примера объектов такого типа можно назвать широкополосные лампы бегущей волны непрерывного и импульсного действия, предназначенные для работы в выходных каскадах радиопередающих устройств. На рисунке 1 показаны бортовая ЛБВ УВ-172 с выходным фланцем нестандартного прямоугольного волновода и импульсная лампа УВЛ-526 с фланцем П-образного волновода (производитель АО НПП «Алмаз» г. Саратов).



УВ-172



УВЛ-526

Рисунок 1 – Лампы бегущей волны непрерывного и импульсного действия

Устройства встроенного контроля должны иметь малые габариты, не нарушать регулярную форму поперечного сечения волновода и выдавать достоверную и точную информацию о контролируемых параметрах в течение всего срока службы контролируемого объекта без выполнения какой-либо калибровочной процедуры.

Такая задача решена в диссертационной работе Зебека Станислава Евгеньевича на примере воздушной коаксиальной линии передачи. В качестве объекта исследования обоснованно выбран зондовый ненаправленный датчик, а в качестве метода исследования – квадратурный способ анализа распределения электромагнитного поля в отрезке линии передачи. Для реализации предлагаемого подхода к решению задачи необходим опорный сигнал. По этой причине в случае однозондового анализа электромагнитного поля автор воспользовался направленным ответвителем, а в случае двухзондового – вторым ненаправленным зондом. Первый способ, строго говоря, противоречит идее полноценного встроенного контроля, второй – существенно ограничивает диапазон рабочих частот.

Однако, решенные в диссертации задачи квадратурного анализа особенно ценны своей оригинальной новизной. Взяв за основу известное аналитическое выражение для напряженности электрического поля в отрезке линии передачи с оконечной нагрузкой, автор проанализировал не только традиционное амплитудное, но и фазовое распределение поля. В результате выполненного анализа оказалось, что модуль и фазу коэффициента отражения от выходной нагрузки удастся определить с более высокой точностью с помощью фазового, а не амплитудного распределения, как это обычно делается в классическом измерительном приборе – измерительной линии.

Несомненный интерес для развития исследований в области СВЧ измерений представляют разработанные математические модели квадратурных способов измерений при однозондовом и двухзондовом анализе распределения электрического поля и выполненные оценки их метрологических возможностей.

Для автоматизации встроенного контроля коэффициента отражения автор предлагает четырехзондовый измеритель с опорным каналом и коммутатором и более удачное решение с традиционной четырехзондовой измерительной линией и двумя квадратурными детекторами. Существенно, что в обоих случаях предлагается получать информацию, как из амплитудного, так и фазового распределения напряженности электрического поля в фиксированных сечениях линии передачи, в которых установлены зондовые датчики. Такое решение повышает точность и достоверность получаемых результатов.

Для реализации предложенных решений потребовалась разработка алгоритмов обработки измерительной информации. В третьей главе диссертации автором разработан спектрометрический алгоритм обработки результатов амплитудного анализа в автоматическом измерителе с опорным каналом. Выполнен синтез цифровых узкополосных фильтров, получена оценка эффективности спектрометрического алгоритма цифровой фильтрации и найдено аналитическое и численное решение измерительных уравнений для автоматического измерителя на основе двух квадратурных детекторов.

Результаты экспериментальных исследований, описанные в четвертой главе диссертации, подтвердили теоретические положения. Причем несомненным достоинством работы является реализация экспериментальных макетов на **можно** современной полупроводниковой элементной базе.

Основные результаты диссертации нашли отражение в 5 научных статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, публикации, индексируемой в Scopus, 2-х патентах РФ в 16 статьях, опубликованных в сборниках научно-технических конференций.

Тема и содержание диссертации полностью соответствуют специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий». Диссертация написана хорошим языком, а ее оформление соответствует требованиям ВАК РФ. Автореферат достаточно полно и четко отражает основное содержание и выводы диссертационного исследования. Изучение и сопоставление материалов диссертации, автореферата, публикаций и свидетельств, актов внедрения и использования, позволяют сделать заключение, что все основные теоретические положения и выводы диссертационной работы получены автором лично.

В качестве замечаний по диссертационной работе и предложений по дальнейшему развитию исследований и разработок в области встроенного контроля, считаю отметить следующее: -

1) Предложив модель однозондового квадратурного измерителя амплитудного и фазового распределения напряженности электрического поля в отрезке линии передачи, автор диссертации не догадался, что уже имеет модель устройства микроволнового контроля оконечной нагрузки, не требующего использования

подвижной каретки. В этой модели достаточно лишь воспользоваться комплексной аналитической функцией частоты:

$$\rho(f, l) = U(f, l) \exp(i\Delta\psi(f, l)),$$

и связать ее с искомой величиной коэффициента отражения $\Gamma(f)$ известным соотношением виртуального адаптера:

$$\rho(f, l) = \frac{S_{11}(f) - \det S(f) \times \Gamma(f)}{1 - S_{22}(f) \Gamma(f)}, \quad \det S = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21},$$

Неизвестные S-параметры адаптера находятся аналитически с помощью виртуальной OSM калибровки с идеальными коэффициентами отражения $\Gamma = 1, -1$ и 0 . После чего, искомый коэффициент отражения определяется из соотношения:

$$\Gamma = \frac{\rho - S_{11}}{\rho S_{22} - \det S}.$$

2) Еще больший интерес для практики представляет предложенное в диссертационной работе устройство, реализующее квадратурное детектирование для случая двухзондового анализа амплитудного и фазового распределения напряженности электрического поля. Отсутствие направленного ответвителя для получения опорного сигнала и отмеченная выше возможность выполнения измерений без применения подвижной каретки, позволяют эффективно решить задачу встроенного контроля в нестандартных направляющих системах. Недостаток такого устройства, связанный с узкой полосой частот легко преодолеть введением третьего не эквидистантного зонда. Такое трехзондовое устройство имеет три частотных поддиапазона и способно обеспечить встроенный контроль падающей мощности и коэффициента отражения от оконечной нагрузки в более чем октавной полосе частот.

3) Осталась нерешенной еще одна практически важная задача. Как выполнить калибровку предлагаемого, предположим, двух зондового устройства для конкретного контролируемого объекта, например, с отрезком полосковой линии, П-либо H-образным волноводом? Как минимум надо точно знать фазовую скорость в нестандартной линии передачи, амплитуду волнового процесса, чтобы подобрать оптимальную связь с зондом. Можно ли быть уверенным в том, что техническая реализация устройства позволит напрямую использовать разработанную математическую модель и алгоритм обработки данных.

Завершая положительную оценку настоящей работы, считаю необходимым особо отметить оригинальную идею анализа амплитудного и фазового распределений, побудившую оппонента к высказанным замечаниям и предложениям по дальнейшему развитию исследований и разработок методов и средств микроволнового встроенного контроля.

Приведенные замечания существенным образом не снижают общую положительную оценку диссертации, ее практическую и научную ценность. Основные результаты работы достоверны и научно обоснованы. Актуальность, научная новизна и практическая значимость исследований сомнений не вызывают.

Диссертационная работа является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения, имеющие значение для развития теории и техники СВЧ измерений в РФ. Работа полностью соответствует критериям, установленным пунктом 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842, а ее автор Зебек Станислав Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,

доктор технических наук, профессор,

заслуженный работник высшей школы РФ

22.12.2020

Подпись Никулина С.М. заверяю
ученый секретарь ученого совета НГТУ



Никулин С.М.

Merzlyakov I.N.

Никулин Сергей Михайлович

603940, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

тел. 8-(831)-436-78-40; e-mail: nikulin-serg2006@yandex.ru

С отзывом ознакомлен

30.12.2020

→ /Зебек С.Е./ 5

Сведения об официальном оппоненте
по диссертационной работе **Зебека Станислава Евгеньевича**
на тему **«Измерительные микроволновые устройства на основе метода прямого преобразования частоты»**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды,
веществ, материалов и изделий

| | |
|---|---|
| Фамилия Имя Отчество оппонента | Никулин Сергей Михайлович |
| Шифр и наименование специальностей, по которым защищена диссертация | 05.11.08- Радиоизмерительные приборы |
| Ученая степень и отрасль науки | Доктор технических наук, приборостроение |
| Ученое звание | Профессор |
| Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» |
| Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом | НГТУ, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» |
| Ведомственная принадлежность организации | Министерство образования и науки Российской Федерации |
| Структурное подразделение | Кафедра «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» |
| Почтовый индекс, адрес | 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 28Л |
| Веб-сайт | https://www.nntu.ru |
| Телефон | +79103995695 |
| Адрес электронной почты | nikulin-serg2006@yandex.ru |
| Являетесь ли Вы работником ФБГНУ «Институт природно-технических систем» или ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (в том числе по совместительству)? | Не являюсь |
| Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организации, где работает соискатель ученой степени или его научный руководитель? | Не являюсь |

| | |
|--|------------|
| Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организаций, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем)? | Не являюсь |
| Являетесь ли Вы членом Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования науки Российской Федерации? | Не являюсь |
| Являетесь ли Вы членом экспертных советов Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования науки Российской Федерации? | Не являюсь |
| Являетесь ли Вы членом диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите? | Не являюсь |
| Являетесь ли Вы соавтором соискателя степени по опубликованным работам по теме диссертационного исследования? | Не являюсь |

Список основных публикаций в рецензируемых научных изданиях, монографии за последние 5 лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)

1. Патент РФ RU 2 710 514, 01.11.18 Авторы: В.И. Евсеев, С.М. Никулин, Способ измерения S-параметров объектов в нестандартных направляющих системах // Патент России RU 2 710 514, 2019, Бюл. №36.
2. Евсеев В.И., Лупанова Е.А, Малышев И.Н., Никулин С.М. Петров В.В. Контроль параметров объектов в нестандартных направляющих системах и в свободном пространстве. // Ural Radio Engineering Journal, Уральский радиотехнический журнал, 2019, 3(1): 53 -71.
3. Евсеев В.И., Лупанова Е.А, Никулин С.М. Петров В.В. Измерение электромагнитных характеристик материалов в прямоугольном волноводе // Электроника и микроэлектроника СВЧ, 2019, т1, №1, с. 169 -173.
4. Евсеев В.И., Крылов А.А., Лупанова Е.А., Моругин С.Л., Никулин С.М., Петров В.В. Создание библиотеки s2p-моделей мощных СВЧ транзисторов средствами автоматизированного проектирования или натурального эксперимента // Электроника и микроэлектроника СВЧ, 2019, т1, №1, с. 63 -67.

5. Vladimir Evseev, Mikhail Ivlev, Elena Lupanova, Sergey Nikulin, Vitaliy Petrov and Andrey Terentyev. Automation of S-parameters measurements of high-power microwave transistors in a contact device with tunable strip matching circuits // ITM Web of Conferences, Vol. 30, 11002 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/pdf/2019/07/itmconf_crimico2019_11002.pdf (дата обращения: 01.12.2019).
6. Vladimir Evseev, Mikhail Ivlev, Stanislav Morugin and Sergey Nikulin. Construction of microwave transistors when changing the probing signal in the frequency and power range // ITM Web of Conferences, Vol. 30, 01010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.itm-conferences.org/articles/itmconf/pdf/2019/07/itmconf_crimico2019_01010.pdf (дата обращения: 01.12.2019).
7. V.I. Evseev, O.V. Lavrichev, E.A. Lupanova, S.M. Nikulin. Measurement of parameters of objects in non-standard guiding systems and in free space // PIERS ROME 2019 PhotonIcs & Electromagnetics Research Symposium. Program, p. 197.
8. V.I. Evseev, E.A. Lupanova, S.M. Nikulin, V.V. Petrov. Measurement of Electromagnetic Characteristics Materials in a Rectangular Waveguide // PIERS ROME 2019 PhotonIcs & Electromagnetics Research Symposium. Program, p. 142.
9. V.I. Evseev, E.A. Lupanova, S.M. Nikulin, V.V. Petrov. Contact Device with Tunable Strip Matching Circuits for Measuring Parameters of Microwave Transistors // PIERS ROME 2019 PhotonIcs & Electromagnetics Research Symposium. Program, p. 169.
10. Евсеев В.И., Крылов А.А., Моругин С.Л., Никулин С.М. Построение моделей СВЧ транзисторов при изменении зондирующего сигнала в диапазоне частот и мощностей. // 29-я Международная крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» 8-14 сентября 2019 г., Севастополь, Россия. Программа конференции.
11. Евсеев В.И., Ивлев М.А., Крылов А.А., Лупанова Е.А., Никулин С.М., Петров В.В. Автоматизация измерений S-параметров СВЧ транзисторов в контактном устройстве с перестраиваемыми полосковыми согласующими цепями // 29-я Международная крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» 8-14 сентября 2019 г., Севастополь, Россия. Программа конференции.
12. Сергей Никулин Определение параметров переходов, нестандартных линий передачи и волноводов средствами измерений и анализа в Microwave Office // AWR DESIGN FORUM ADF 2019 RUSSIA, 26 ноября – Санкт-Петербург, 28 ноября – Москва

_____ / (Никулин С.М.)

Владимир Евсеев
Зам. директора ИРИТ
 «19» ноября 2020 г.

М.П.

Храмов В.П.

