



Акционерное общество "Научно-производственная фирма "Диполь"

Адрес: 197101, Санкт-Петербург г, Большая Монетная ул, дом № 16, корпус 45, литер Я, помещение 52
Телефоны: +7 (812) 702-12-66

№ МПФ 25/2-204 от 6 ноября 2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Матвеева Алексея Игоревича

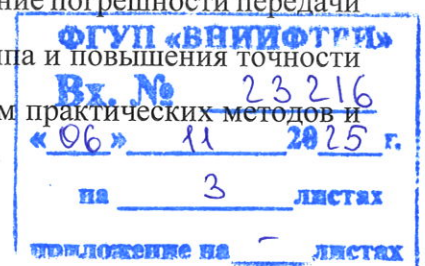
«Разработка методов уменьшения погрешности передачи единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных трактах СВЧ-диапазона и средств их реализации»,

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.10 — Метрология и метрологическое обеспечение

Измерения мощности сигналов является одним из основных видов измерений в области сверхвысоких частот и широко применяются в различных областях радиоэлектроники при разработке, производстве и эксплуатации радиотехнических систем. Применение сложных видов сигналов и улучшение характеристик используемого оборудования в области радиолокации и связи требует от рабочих средств повышения точности измерений мощности электромагнитных колебаний как в коаксиальном, так и в волноводном трактах. Это в свою очередь определяет необходимость уменьшения погрешности при передаче размера единицы мощности электромагнитных колебаний от Государственного первичного эталона единицы мощности электромагнитных колебаний (ЭМК) в коаксиальных и волноводных трактах ГЭТ 26-2010 к вторичным эталонам, рабочим эталонам и далее.

Как показано в автореферате наиболее существенный вклад (до 50%) при передаче единицы мощности ЭМК в волноводном тракте к рабочим эталонам 1 разряда диапазоне частот от 5,64 до 37,50 ГГц вносит погрешность рассогласования выходного сопротивления рабочего эталона проходного типа и входного сопротивления вторичного эталона окончного типа.

Диссертационная работа соискателя как раз и направлена на снижение погрешности передачи единицы мощности за счет уменьшения $|Г_{вх}|$ ваттметров окончного типа и повышения точности измерений $|Г_{э}|$ ваттметров проходного типа с разработкой и внедрением практических методов и измерительного оборудования.



К наиболее значимым научно-техническим результатам диссертации можно отнести:

- разработку метода измерений S-параметров термистора, установленного в волноводе, который, в отличие от традиционных измерений параметров на постоянном токе, позволяет определить зависимость модулей коэффициентов отражения и передачи термистора от силы тока в диапазоне частот от 5,64 до 37,50 ГГц;
- создание многозондовых преобразователей мощности оконечного типа с пониженным значением модуля коэффициента отражения $|\Gamma_{\text{вх}}(f)| \leq 0,03$, которые включены в состав компарирующей установки ГЭТ 26-2010 и используются для передачи единицы мощности ЭМК вторичным и рабочим эталонам;
- создание рассогласованного датчика мощности (ДМР) и разработку методики для измерений $|\Gamma_{\text{э}}|$ без нарушения целостности конструкции проходных ваттметров;
- создание и применение комбинированного волноводного ваттметра, в состав которого входят многозондовые преобразователи мощности оконечного типа (7 волноводных трактов) и датчики мощности рассогласованные (7 волноводных трактов), позволяют передавать единицу мощности СВЧ в волноводных трактах в диапазоне частот от 5,64 до 37,50 ГГц от ГЭТ 26-2010 к стационарному комплексу измерительной системы К6-19 с погрешностью не более $\pm 0,8\%$.

К достоинствам работы следует отнести:

- целостность проделанной работы: от анализа источников погрешностей передачи единицы ЭМК до разработки методик измерений (TRL-калибровка в сниженных по узкой стенке волноводных трактах, измерение $|\Gamma_{\text{э}}|$ с помощью ДМР) и создания измерительной аппаратуры (волноводных ступенчатых трансформаторов, создание TRL калибровочных наборов, многозондовых преобразователей оконечного типа, рассогласованных датчиков мощности);
- практическая значимость проделанной работы подтверждена внедрением измерительной системы К6-19, в состав которой включен комбинированный волноводный ваттметр;
- использование широкого набора инструментов исследований: теоретических методов, методов электродинамического моделирования на ЭВМ и экспериментальных исследований.

К недостаткам диссертационной работы судя по автореферату можно отнести следующие:

- отсутствие информации о схемах передачи единицы мощности ЭМК в индустриально развитых странах и сравнении достигнутых в работе результатов с мировым уровнем;
- из автореферата непонятно, каким образом измеряется мощность ЭМК при использовании многозондового ваттметра оконечного типа;
- в главе 4 делается вывод о том, что модуль коэффициента отражения $|\Gamma_{\text{э}}(f)|$ невозможно измерить с помощью современных СИ без нарушения целостности конструкции. В работе автор ссылается на методы измерений $|\Gamma_{\text{э}}(f)|$, описанный в ГОСТ 8.392-80. Однако, по моему мнению, на современном этапе развития измерительной техники это можно сделать, заменив, например, генератор и измерительную линию векторным анализатором цепей, а волноводную нагрузку с

переменным модулем и фазой волноводным трансформатором сопротивлений (Maury, Focus). Это позволит избавиться от ручной регулировки фазы ДМК и полностью автоматизировать процесс измерений;

- в диссертации основной упор делается на измерение и снижение модулей коэффициента отражения $|\Gamma_{\text{вх}}(f)|$ и $|\Gamma_{\text{э}}(f)|$, однако, в практике измерений мощности в целях уменьшения погрешности рассогласования даже на уровне рабочих средств измерений имеются примеры использования комплексных значений этих параметров, что позволяет в еще большей степени скомпенсировать погрешность рассогласования источник сигнала – измеритель мощности. Примером могут служить калибраторы мощности проходного типа серии NRPC и измерители мощности оконечного типа серии NRP компании Rohde&Schwarz, у которых комплексные значения коэффициентов отражения измеряются в процессе заводской калибровки и записываются в память приборов.

Тем не менее, указанные недостатки не уменьшают ценность работы, диссертация удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям и соответствует специальности, по которой она представляется, а ее автор, Матвеев А.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Просыпкин Сергей Евгеньевич,
к.т.н., руководитель проектов
АО «НПФ «Диполь»

Просыпкин С.Е.

Подпись к.т.н., руководителя проектов
Просыпкина С.Е. удостоверяю:
Коммерческий директор АО «НПФ «Диполь»



Болдырев Н.А.