

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Малахова Романа Юрьевича

«Модуль бортовой цифровой антенной решетки»

Бортовые радиолокационные системы современных летательных аппаратов являются многорежимными устройствами, обеспечивающими решение задач поиска, обнаружения и сопровождения цели как наземного, приземного, так и воздушного базирования при одновременном управлении и целеуказании.

Необходимые функциональные возможности объекта могут быть реализованы за счет применения в его составе активных фазированных антенных решеток (АФАР) с электронным управлением луча, позволяющих формировать диаграммы направленности специальных форм для решения тех или иных задач. В свою очередь, дальность и точность обнаружения цели радиолокационной системой и, как следствие, эффективность решения поставленных задач определяются характеристиками входящей в ее состав антенной системы.

При использовании цифровых методов диаграммообразования в бортовых АФАР особую роль приобретает необходимость обеспечения заданных энергетических характеристик системы. В подобных антенных решетках основными энергопотребляющими элементами являются как устройства преобразования и обработки сигналов, так и элементы СВЧ распределительного тракта, включая усилители мощности, фазовращатели. В этой связи тема диссертации Малахова Р.Ю., посвященная обоснованию путей и методов снижения энергопотребления бортовых АФАР, представляется **актуальной**.

Целью диссертационной работы является разработка принципов построения и схемотехнической реализации приемопередающего модуля для бортовой цифровой антенной решетки многофункциональной радиоэлектронной системы, а также моделей и путей создания новых устройств, позволяющих

снизить энергопотребление, массу и размеры модуля за счет использования высокоэффективных технологий и методов моделирования.

Для достижения поставленной цели автор последовательно и системно решает научную задачу, квалифицированно используя при этом элементы теории поля, математической статистики, методы физического и математического моделирования. Экспериментальные исследования проведены с использованием существующих антенных измерительных комплексов и систем.

Научная новизна проведенных автором исследований заключается в следующем:

- предложена схмотехническая реализация приемопередающего модуля цифровой антенной решетки, позволяющая снизить энергопотребление бортовой многофункциональной радиоэлектронной системы за счет использования в каждом модуле синтезатора сетки частот с цифровым кольцом ФАПЧ;
- обоснован метод нелинейного моделирования процессов в мощных многосекционных псевдоморфных СВЧ транзисторах, позволяющий интерпретировать результаты инструментальной оценки их характеристик;
- разработана нелинейная модель транзистора, которая учитывает зависимость режима от совокупности параметров, влияющих на его основные энергетические характеристики;
- разработана методика оценки характеристик элементов эквивалентной электрической схемы мощного СВЧ транзистора, позволяющая увеличить достоверность оценки по сравнению с известными методиками.

Выполненные автором исследования отличаются практической направленностью и, судя по автореферату, тесно связаны с плановыми научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, выполняемыми в ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Многие результаты доведены до практической реализации, что свидетельствует о детальной проработке исследуемых вопросов.

Практическая значимость работы заключается в возможности

использования разработчиками изделий антенной техники, испытательными и исследовательскими подразделениями предприятий промышленности, высших учебных заведений алгоритмов и методик, разработанных автором. В частности, предложенный в работе алгоритм определения параметров мощных СВЧ транзисторов и нелинейная модель могут послужить основой для разработки СВЧ усилителей мощности, обладающих повышенным КПД и уровнем выходной мощности в широком диапазоне рабочих частот.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью принятых допущений, исходных положений, приближений и преобразований, использованием широко известного и апробированного математического аппарата, компьютерных программ, а также экспериментальными исследованиями и разработками.

Основные результаты диссертационных исследований достаточно полно отражены в материалах рецензируемых изданий, статьях, тезисах докладов. Достаточный уровень публикаций по теме диссертации подтверждает личный вклад автора в работу.

Тема и содержание автореферата диссертации соответствуют специальности 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Автореферат диссертации написан грамотно, хорошо иллюстрирован, отражает решаемые в ней задачи, методы исследований и полученные результаты.

Однако необходимо отметить следующие **недостатки работы**:

1 Некоторые термины, принятые и используемые автором при написании автореферата диссертации, не соответствуют существующим нормативным документам в области метрологии, в частности, РМГ 29-2013. Так, вместо характеристик «точность определения» корректно применять «погрешность измерений» и т.д.

2 В автореферате диссертации, помимо одной модели Ангелова, не представлены сведения о других существующих нелинейных моделях мощных СВЧ транзисторов.

3 При расчете энергетических характеристик АФАР не учтены омические потери СВЧ трактов, соединителей, а также энергопотребление средствами обработки информации.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости работы.

Диссертация Малахова Р.Ю. является законченной научно-исследовательской работой и посвящена решению актуальной научной задачи – разработке моделей и путей создания новых устройств, позволяющих снизить энергопотребление, массу и размеры приемо-передающих модулей АФАР, представляющих интерес для народного хозяйства страны. Анализ автореферата диссертации показывает, что автор выполнил достаточно большой объем расчетов и экспериментальных исследований. Главным достоинством работы является ее практическая направленность.

Представленный автореферат соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07.

Начальник НИО-1

кандидат технических наук

141570, Московская область,
Солнечногорский район, г.п. Менделеево
8 (495) 526-63-13
kaminsky@vniiftri.ru

Каминский Олег Викторович

Начальник лаборатории 160

кандидат технических наук

141570, Московская область,
Солнечногорский район, г.п. Менделеево
8 (495) 526-63-13
shkurkin@vniiftri.ru

Шкуркин Максим Сергеевич

Подписи Каминского О.В. и Шкуркина М.С. заверяю

Ученый секретарь ФГУП «ВНИИФТРИ»



С.Ю. Поярков