

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Езерского Виктора Витольдовича на диссертацию Игнаткова Кирилла Александровича «Развитие методов анализа, принципов построения и применения автодинных устройств для систем ближней радиолокации», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Представленная на отзыв диссертация содержит введение, пять глав, заключение, список литературы и шесть приложений. Общий объём диссертации составляет 369 страниц машинописного текста, иллюстративный материал диссертации представлен 127 рисунками и двумя таблицами. Библиографический список включает 372 наименования.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Одним из основных направлений развития современной техники является повышение степени автоматизации процессов и операций на производстве. При этом ключевыми элементами в достижении полной автоматизации являются измерение характеристик и параметров протекающих процессов и явлений с целью выявления сигналов обратной связи и создания соответствующих управляющих алгоритмов. Естественно, что радиотехнические устройства и датчики применяются в достаточно большом количестве в указанных областях. Много возможностей для решения производственных задач предоставляют различные системы ближней радиолокации (СБРЛ). Поэтому усилия многих специалистов в данной области радиолокации направлены на всестороннее развитие эксплуатационных характеристик этих систем и расширение областей их применения. С точки зрения потребителей, наиболее важными характеристиками являются точность измерения, масса, габариты и стоимость. Сочетанию всех этих характеристик хорошо соответствуют СБРЛ, работающие на основе автодинного эффекта.

Диссертационная работа Игнаткова К.А. направлена на решение проблемы развития теории и техники автодинных приёмопередающих устройств для систем ближней радиолокации КВЧ диапазона (30...300 ГГц), изучения протекающих в них явлений и особенностей формирования сигналов. Данные исследования дополняют и развивают теорию автодинов,

которую тщательно разрабатывает и внедряет на практике научная школа профессора Носкова В.Я. Поэтому представленные исследования, несомненно, являются актуальными.

2. НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Научная новизна результатов, полученных автором в диссертации, заключается, прежде всего, во внедрении в теорию автодинов концептуального подхода к анализу, основанного на описании функций отраженного от объекта локации излучения математическими методами теории систем с запаздыванием, т.е. использовании новой математической модели взаимодействия передатчика и отражённого объектом сигнала. Этот подход явился основой для разработки новых методов расчета сигнальных и шумовых параметров и характеристик автодинов, которые позволили учитывать динамику перемещения объекта локации, а также, учитывать внешнюю и внутреннюю инерционность системы «генератор – объект локации». Применение данного подхода устранило принципиальные ограничения предшествующего этапа развития теории автодинов. Это значительно расширило область ее приложения для расчета параметров и характеристик автодинных СБРЛ КВЧ диапазона, в том числе с частотной и импульсной модуляциями.

Автором диссертации впервые для расчета автодинных характеристик предложено использовать квазистатический метод А.Н. Малахова, который в отличие от обычного квазистатического метода, применявшегося ранее для анализа автодинов, учитывает внутреннюю инерционность генератора и дисперсионную зависимость автодинной девиации частоты в широком диапазоне частот автодинного сигнала. Предложенная модернизация этого метода позволяет учитывать в расчетах также внешнюю инерционность автодинной системы «генератор – объект локации».

Кроме того, впервые выполнены исследования автодинов со стабилизацией частоты генератора посредством внешнего высокочастотного резонатора. Учтено влияние автодинного эффекта при анализе приемопередающих модулей, содержащих диодные секции в линии передачи между генератором и антенной. Исследована автодинная система в виде двух взаимно синхронизированных парциальных генераторов, а также установлены особенности формирования сигналов автодинов в режиме захвата частоты колебаниями внешнего генератора.

Научная новизна предложенных решений подтверждается публикациями и апробацией на представительных научно-технических

конференциях. Техническая новизна решений и результатов, представляющих практическую ценность, подтверждаются пятью патентами РФ на изобретения.

3. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Все предлагаемые научные и технические инновации автор подробно обосновывает исходя из существующих практических задач и соответствующих условий функционирования СБРЛ. Достоверность полученных в работе положений, выводов и результатов, а также следующих из них практических рекомендаций обеспечивается качественным и количественным соответствием теоретических выводов данным, которые получены экспериментально. Подтверждается корректностью упрощающих предположений, применяемых при построении математических моделей, а также использованием стандартной измерительной аппаратуры в экспериментальных стендах. Кроме того, подтверждается успешным практическим использованием автодинов в реализованных устройствах и системах.

Полученные результаты теоретического анализа проверялись на сходимость с результатами предшествующих исследований. Точность экспериментальных результатов обеспечивалась использованием стандартной контрольно-измерительной аппаратуры и методов измерений. Дополнительно достоверность основных результатов работы аргументируется их апробацией на конференциях и симпозиумах, а также публикациями в журналах.

4. ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ, ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ

Выполненные исследования особенностей формирования сигнальных и шумовых параметров и характеристик автодинных устройств, предназначенных для систем ближней радиолокации, и принципов их построения позволили найти ряд новых технических решений и прикладных задач, в которых нашли применение результаты диссертационных исследований. К ним относятся:

— автодинный радиолокатор для измерения параметров движения вагонов на парковых путях сортировочной станции, выполненный на базе стабилизированного дополнительным высокодобротным резонатором двухдиодного автодина;

- автодинные датчики вибраций и малых перемещений, выполненные на основе обычных или двухдиодных генераторов;
- автодинные датчики для бесконтактного измерения наружных и внутренних размеров металлических изделий, выполненные на основе обычных или двухдиодных генераторов;
- применение двухдиодных автодинов в решении задач диагностики турбоагрегатов, машин и механизмов, а также контроля состояния лопаток турбовентиляторных двигателей;
- применение автодинов в радиолокационных датчиках с манипуляцией частоты для определения параметров движения объектов локации, например, грузовой платформы парашютной системы относительно поверхности земли;
- применение автодинного генератора в качестве бортового приёмоответчика для аэрологических радиозондов.

5. СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация имеет логичную структуру, соответствующую заявленному содержанию. Все ее разделы взаимосвязаны между собой и представляют собой поэтапное решение поставленных диссертантом задач.

Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание. Работа написана понятным и грамотным литературным языком, использует общепринятые термины и сокращения, хорошо оформлена. При использовании результатов других авторов, применяемых для оценки современного состояния поднятых в работе вопросов и сравнения полученных результатов с известными, в диссертации приводятся необходимые ссылки.

Работа выполнена с применением современного математического аппарата и программных средств. Основные результаты диссертационных исследований опубликованы в 106 научных работах в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе в 38 статьях и докладах, входящих в международные базы данных Scopus и WoS, использованы в семи отчётах о НИР и НИОКР, получено 5 патентов РФ на изобретения.

Можно отметить, что по нашему мнению, кроме названных в автореферате п. 1 и п. 6 паспорта специальности 2.2.16 — Радиолокация и радионавигация, содержание диссертации также соответствует п. 4 Разработка и исследование методов синтеза и анализа радиолокационных и

радионавигационных систем и устройств и п. 20 Разработка и исследование физических, математических и гибридных имитационных моделей радиолокационных и радионавигационных систем и устройств.

По структуре и оформлению автореферат и диссертация соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Замечания по диссертационной работе

1. Слишком многословное изложение положений, выносимых на защиту. Особенно первого положения, которое напоминает собой некоторое исследование. Научное положение должно быть сформулировано кратко и ёмко. На самом деле первое научное положение содержит в себе несколько самостоятельных положений, которые можно было сформулировать отдельно. За таким многословием трудно выделить достигнутый результат и его значение.
2. Практический интерес имеет случай функционирования автодинов при коэффициенте обратной связи, превышающем единицу, когда отраженный сигнал является действительно сильным. Такой режим работы широко используется в практике лазерных автодинных устройств, тогда как автор намеренно ограничивает область рассмотрения значениями коэффициента обратной связи от нуля до единицы, не освещая процессы, происходящие за пределами этих значений.
3. В ходе численного моделирования и лабораторных экспериментов диссертантом используется простейшая модель объекта локации в виде «точечного отражателя». Не ясно, как можно интерпретировать полученные результаты на реальный случай работы автодинного радиолокатора при взаимодействии с отраженным излучением от пространственно-распределённого объекта.
4. В пятой главе «Применение автодинных устройств в системах ближней радиолокации», конкретно в разделе 5.2. «Устройства локации для систем управления технологическими процессами на сортировочных горках» недостаточно раскрыта степень связи результатов диссертации с практической реализацией и экспериментальными исследованиями обзорных радиолокаторов различных диапазонов, включая лазерный локатор, на сортировочной горке.
5. В диссертации рассматриваются радиолокационные устройства на основе автодинов, которые предназначены для измерения характеристик радиолокационных объектов. Например, их координат, скорости и ускорения. Или отражательных способностей таких объектов. Однако в диссертации отсутствует анализ связи рассмотренных параметров и

характеристик автодинов с возможными величинами погрешностей. Поэтому не понятно, исходя из каких соображений формулируются требования к автодинам.

6. В тексте диссертации имеются несоответствия в обозначениях и терминологии. В частности в главе 2 в формуле (2.51) появляется термин нормированное время τ_n , но расшифровка его не приводится. В предыдущих формулах используются два параметра: текущее время t и время задержки τ . Поэтому не понятно, с каким из этих времён связано нормированное время. Этот термин используется далее вплоть до формулы (2.90), где даётся его расшифровка как $\tau_n = \omega_0 \tau$. Т.е. это всё-таки нормированное время задержки? Но единицы измерения его из этой формулы – радианы? И куда делось текущее время? В последующих формулах имеется τ_n и абсолютное время t . В Формуле (2.95) появляется нормированное время как $t_n = t/\tau$. В формуле (2.102) уже два нормированных времени τ_n и t_n .

В главе 3 в формуле (3.20) уже другое обозначение $\tau_n = \omega_0 \tau / 2\pi$ - и называется теперь нормированным временем задержки. В Формуле (3.34) опять $\tau_n = \omega_0 \tau$ - нормированное (безразмерное) время, но у этой величины размерность радианы.

В главе 4 опять $\tau_n = \omega_0 \tau / 2\pi = 2l / (\lambda/2)$ - нормированное (безразмерное) время, l тут не расшифровано. Но это действительно безразмерная величина.

Нечто похожее с обозначением нормированного расстояния. В главе 2 в формуле (2.47) введено понятие нормированного расстояния $r_n = \tau / T_a$, а в формуле (2.140) используется $z_n = z / (\lambda/2)$, которое названо как нормированное расстояние до поверхности объекта по лучу антенны. Это вроде бы мелочи, но они затрудняют чтение текста и его понимание.

6. ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИИ В ЦЕЛОМ


Диссертация Игнаткова Кирилла Александровича является законченной научной работой, содержащей необходимые элементы от постановки задачи до указания возможностей использования полученных результатов в практических приложениях. Отмеченные выше замечания не снижают общей положительной оценки работы и носят редакционно-методический характер. Таким образом, совокупность перечисленных результатов работы можно квалифицировать, как решение научно-технической проблемы, имеющей важное значение для развития теории и

техники автодинных систем ближней радиолокации.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная работа «Развитие методов анализа, принципов построения и применения автодинных устройств для систем ближней радиолокации» отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, Игнатков Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 — Радиолокация и радионавигация.

Официальный оппонент:

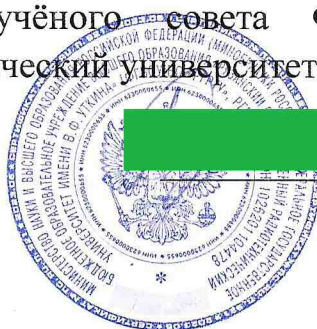
Езерский Виктор Витольдович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиопреимания и связи федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»


_____ Езерский В.В.
« 5 » 12 _____ 2023 г.

390005, Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1,
рабочий телефон кафедры (0912) 72 03 62,
e-mail: kafedra.rus.rgrtu@yandex.ru

Подпись официального оппонента Езерского Виктора Витольдовича заверяю:

Учёный секретарь учёного совета ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»




_____ (Бухенский К.В.)