

ОТЗЫВ

официального оппонента 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

Актуальность темы.

Важнейшим условием успешного управления движущимися объектами технического назначения, например, транспортом, а также решения разного рода конструкторских задач, например, изучения баллистики снарядов, режима работы вращающихся частей машин и механизмов является измерение параметров движения этих объектов и их составных частей. К настоящему моменту создано множество систем и устройств измерения скорости, пройденного пути, датчиков сближения, вибраций, расходомеров, уровнемеров и т.п., работающих на основе разнообразных физических явлений и принципов.

При этом необходимо отметить, что среди обширного разнообразия методов и средств именно приборы и измерительные устройства, использующие отраженное от объекта излучение составляют значительную часть технических систем. Среди них необходимо отметить устройства радиолокационного типа, обладающие такими важными преимуществами, как бесконтактность и малая безынерционность выполнения контроля параметров движения объектов. В свою очередь радиолокационные устройства с нулевой промежуточной частотой по принципу построения приемопередающего тракта можно разделить на гомодинные и автодинные устройства, причем последние отличаются своей конструктивной простотой и низкой стоимостью. Как показано диссертантом, изучение и всестороннее развитие теории и техники автодинных устройств является методологической основой для создания востребованных на практике систем ближней радиолокации (СБРЛ) автодинного типа, предназначенных для измерения параметров движения объектов.

Считаю, что сформулированная в диссертации цель, состоящая в развитии методов анализа, принципов построения и применения автодинных устройств, предназначенных для СБРЛ, направлена на решение **актуальной** технической проблемы, позволяющей качественно развивать различные технические системы и устройства путём внедрения измерительных устройств с высокими показателями качества и отвечающими современным требованиям эксплуатационными характеристиками.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Диссертант корректно использует научные и практические методы разработки и исследования радиолокационных устройств автодинного типа в

рамках теории нелинейных колебаний и систем с запаздыванием.

Так, во второй главе диссертации на примере анализа автодина при непрерывном и импульсно-модулированном излучении убедительно обоснована справедливость первого научного положения. Из этого положения следует, что внедрение в теорию автодинов нового концептуального подхода для их анализа, основанного на описании функций отраженного от объекта локации излучения математическими методами теории систем с запаздыванием обеспечивает возможность разработки новых методов расчета сигнальных и шумовых параметров и характеристик автодинов. Эти методы позволяют учитывать динамику перемещения объекта локации и инерционность процессов в автодинном генераторе, а также устранить принципиальные ограничения предшествующей теории автодинных систем. В третьей главе данный подход распространен на теорию автодинов с частотной модуляцией излучения. При этом разработана математическая модель и выполнены исследования сигнальных и шумовых параметров и характеристик автодинов с частотной модуляцией для общего случая произвольного соотношения времени запаздывания отраженного от объекта локации излучения и периода автодинного сигнала.

Необходимо отметить, что первое (основное) научное положение содержит дополнительно три подпункта положений из семи абзацев, уточняющих и детализирующих ключевые моменты формирования сигнала и шума в автодинном радиолокаторе.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований четвертой главы легли в основу сформулированных диссертантом следующих четырех научных положений, выдвинутых на защиту.

Согласно второму положению стабилизация частоты автодинного генератора с помощью внешнего высокочастотного резонатора обеспечивает значительное уменьшение степени искажений сигналов и уровня частотных шумов, что способствует улучшению такого важного параметра автодинной СБРЛ, как динамический диапазон. При этом выигрыш в динамическом диапазоне, определяемом величиной коэффициента стабилизации частоты, может составлять при сильной связи между резонаторами 20...30 и более дБ.

Третье научное положение устанавливает зависимость параметров и характеристик автодинного модуля с двумя внешними детекторами, помещенными в передающую линию между генератором и антенной. Так, в случае высокого значения коэффициента автодинного усиления генератора оба сигнала, регистрируемые на выходах детекторов, находятся в фазе. В случае малой величины коэффициента автодинного усиления выходные сигналы детекторных диодов имеют разность фаз, которая определяется относительным разносом между диодами в передающей линии.

Четвертое положение устанавливает закономерности поведения автодинной системы, состоящей из двух связанных между собой парциальных генераторов, находящейся под воздействием отраженного от движущегося объекта локации. Убедительно показано, что степень

ангармонических искажений сигналов зависит как от амплитудных и фазовых соотношений компонентов автодинного отклика, так и внутренних параметров парциальных генераторов. Степень этих искажений сигналов может быть значительно меньшей, чем у обычных (одиночных) автодинов за счет различия степени влияния отраженного излучения на режимы работы парциальных генераторов.

Из пятого положения следует, что синхронизация автодина от внешнего генератора исключает характерные нестабилизированным автодинам ангармонические искажения сигналов, что способствует расширению их динамического диапазона. При внесении начальной расстройки между частотой внешнего генератора и собственной частотой автодина в пределах полосы синхронизации имеется возможность значительного увеличения коэффициента передачи автодинного сигнала.

Шестое положение определяет порядок выбора рабочей точки на характеристике автодина при проведении вибрационных измерений в условиях сильной обратной связи. Данное положение достаточно убедительно обосновано в шестой главе диссертации.

Обоснованность научных положений и выводов, а также следующих из них рекомендаций подтверждается проведёнными экспериментальными исследованиями, результаты которых представлены во всех главах диссертации. Тесная связь теории и практики подтверждает адекватность созданных и изученных математических моделей.

Оценка содержания диссертации, её новизны и достоверности.

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения. Она изложена на 369 страницах, содержит 127 рисунков, 2 таблицы и 6 приложений. Список цитируемых источников содержит 372 наименования.

В целом, результаты диссертации, полученные К.А. Игнатковым, являются новыми научными знаниями в области изучения автодинного эффекта и его применения. Основные результаты диссертации опубликованы автором преимущественно в соавторстве в 106 научных статьях и докладах в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ. Среди них имеются 38 работ в изданиях, входящих в международные базы данных Scopus и WoS, и пять патентов на изобретения РФ. Материалы работы отражены также в семи отчётах о НИР и НИОКР. Эти данные свидетельствуют о высоком уровне научной подготовки диссертанта.

Работа написана грамотно и аккуратно оформлена. Стилистически выверенный язык написания содержит корректно используемые общепринятые термины и сокращения, неизвестные же широкому читателю узкоспециализированные термины и сокращения должным образом вводятся и расшифровываются. Структура диссертации логичная, каждая новая глава посвящена решению соответствующей поставленной задачи и при этом является закономерным развитием предыдущих глав, при этом каждая глава содержит введение и выводы. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, в нём отражён личный вклад автора в проведённое

исследование, а также присутствуют все разделы, определяемые Положением о присуждении учёных степеней УрФУ. Диссертация полностью соответствует заявленной специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Замечания по диссертационной работе

1. Несмотря на неоднократное упоминание преимуществ и описание перспектив применения в целом, из текста диссертации не следует в явной форме мнения диссертанта о том, какие области применения автодинных СВЧ устройств в миллиметровом диапазоне волн предпочтительны, в чём заключаются конкретные преимущества по сравнению с известными СВЧ устройствами при решении тех или иных практических задач. При анализе автодинных сигналов и шумов, на основе созданной математической модели автодинного генератора, не рассмотрены имеющиеся в модели погрешности и их влияние на результаты как численного моделирования, так и сравнения с экспериментальными данными, что является основой доказательства адекватности рассматриваемой модели.

2. В названии и тексте диссертации присутствует формулировка «система ближней радиолокации», тогда как цель и задачи посвящены детальному изучению формирования сигналов в одном из функциональных узлов радиолокатора, а именно, автодинного генератора, находящегося под воздействием собственного отражённого от цели излучения.

По моему мнению, вопросы изучения сигнальных свойств радиолокаторов неизбежно должны включать в себя количественную оценку таких радиолокационных характеристик, как динамический диапазон, энергетический потенциал, разрешающая способность, точность измерения и др. Также в работе не учтены различные немаловажные явления и процессы, такие, как влияние температуры на параметры активного элемента, воздействие внешних шумов, помех и т.д.


Отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы, являющейся полноценным и самостоятельным научным трудом, внушительный объём которого достаточен для диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук, тогда как упомянутые в замечаниях вопросы выходят далеко за рамки одного диссертационного исследования и могут служить рекомендациями в дальнейших трудах диссертанта.

Заключение

Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне, в которой на основании разработанных теоретических положений решается проблема, имеющая важное значение для теории и техники систем ближней радиолокации с автодинным принципом построения приемопередающих устройств. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы расчётами и подтверждены экспериментально.

Диссертационная работа отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени доктора технических наук, а её автор, Игнатков Кирилл Александрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (Самарский университет)», профессор кафедры радиоэлектронных систем


Данилин Александр Иванович
01.12.2023

Почтовый адрес: 443086, Россия, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34
раб. тел. 8 (846) 267-48-45
e-mail: aidan@ssau.ru

Я, Данилин Александр Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Игнаткова К.А. и их дальнейшую обработку.

