

Отзыв официального оппонента

Кандидата физико-математических наук Умнова Алексея Львовича на диссертацию Скрябина Юрия Михайловича на тему «Информационно-измерительная система электростатической локации БПЛА и её алгоритмическое обеспечение» по специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки).

1. Актуальность диссертационного исследования

Диссертационная работа Скрябина Юрия Михайловича посвящена созданию информационно-измерительной системы обнаружения БПЛА на основе измерений изменений электростатического поля в нескольких точках на земной поверхности. Для получения достоверных данных от системы была описана методика электростатической локации: связь параметров движения БПЛА с законом изменения квазиэлектростатического поля, алгоритмы помехоустойчивой обработки сигналов и запатентованная помехоустойчивая схема измерения напряженности электростатического поля. Множество работ посвящены данной тематике в области электростатического мониторинга технических объектов, но в области обнаружения БПЛА имеющиеся работы не описывают все части метода электростатической локации БПЛА.

Таким образом, тема исследования является актуальной, а также имеет важное теоретическое и практическое значения для задачи пассивного обнаружения БПЛА.

2. Анализ содержания работы

Диссертационная работа Скрябина Ю.М. состоит из введения, 4-ых глав, заключения и списка литературы. Основная часть работы изложена на 102 страницах и содержит 43 рисунка и 6 таблиц.

Во введении обусловлена актуальность темы диссертационного исследования, сформулирована цель и решаемые для её достижения задачи, выявлена научная новизна, приводятся основные научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит обзор работ исследователей в области электростатической локации и в смежной области электростатического мониторинга. смежной области электростатического мониторинга, а также работ других исследователей в рассматриваемом случае. Формулируется в общем виде способ обнаружения БПЛА. Автором предложена идея использовать для определения параметров пролета БПЛА признаки электростатического сигнала.

Вторая глава представляет описание процесса электростатической локации на основе простейшей математической модели. Определена диаграмма обнаружения датчика, аналитические формы электростатических сигналов и их связь с параметрами обнаружения БПЛА. На основе полученных данных был определен рекомендуемый шаг по координате. Кроме того, на основе алгоритма получения вейвлет функции Морле были сформулирован алгоритм получения рациональной анализирующей функции. Также был математически описано преобразование электрического поля в измерительный сигнал в используемой электрической схеме измерения.

Третья глава представляет описание двух алгоритмов синтеза рациональной анализирующей функции: на основе градиентного поиска и на основе метода наименьших квадратов (МНК). Автор предлагает использовать второй алгоритм, записанный в программе через символьные операции в котором часть уравнений метода наименьших квадратов заменена на требования к анализирующей функции. Второй метод позволяет обеспечить соответствие закона изменения закона свертки функции синуса и косинуса с погрешностью в 1% в пределах $\pm\pi$. Кроме того, в 3-ей главе описан комплекс программ, который позволяет проанализировать время-частотное представление измерительного сигнала на основе алгоритма, разработанного автором и используемом в смежной области алгоритмом на основе вейвлет функции Морле.

Четвертая глава описывает результаты численных экспериментов по применению представленных алгоритмов обработки электростатических сигналов, результаты натурального и численного эксперимента по проверке амплитудно-частотной характеристики измерительного прибора,

Заключение отражает основные результаты и выводы диссертационного исследования.

3. Научная новизна работы

Научная новизна работы заключается в разработке метода обнаружения БПЛА. Идея метода заключается в использовании временного и частотного признака полного сигнала с электростатических датчиков, возникающих при пролете БПЛА через границу. Следует отметить, что данный метод невосприимчив к дрейфу нуля, который трудно устранить без усложнения конструкции прибора и снижения его чувствительности, что влечет увеличение погрешности измерений. В рамках разрабатываемого метода были предложены, описаны и проверены помехоустойчивые алгоритмы обработки результатов измерения, алгоритм определения координат БПЛА. Один из алгоритмов обработки сигнала основан на рациональной функции, алгоритм расчета которой предложен автором.

Использование данной функции позволяет найти временной признак сигнала в два раза точнее по сравнению с использованием алгоритма на основе вейвлет функции Морле при соотношении сигнал/шум менее 6.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность поставленных задач, указанных положений и выводов диссертационного исследования подтверждается корректными результатами, совпадающими с математическим описанием модели.

Достоверность результатов и выводов диссертационного исследования обеспечивается проводимыми многократными численными экспериментами с учетом белого шума, аналитическими решениями задачи синтеза анализирующей функцией и натурными экспериментами на прототипе электростатического флюксметра. Кроме того, достоверность подтверждается апробацией на конференциях различного уровня.

5. Практическая значимость работы

Практическая значимость работы заключается в разработке и экспериментальной проверке характеристик прибора. Чувствительность разработанного электростатического флюксметра составила 0,087 В/м при площади измерительных электродов 0,13 дм², погрешность не более 1 В/м (без учета дрейфа нуля) при диапазоне измеряемого поля ± 1000 В/м. Был получен патент на изобретение. Кроме того, были составлены практические рекомендации по расстановке датчиков системы электростатической локации в зависимости от максимальной требуемой высоты обнаружения.

Практическая ценность работы подтверждается внедрением результатов в научно-исследовательскую деятельность ОАО «завод им. В.А. Дегтярева», а также в учебный процесс кафедры вычислительной техники Российского технологического университета – МИРЭА.

6. Апробация работы

Основные результаты по теме диссертации изложены в 10 публикациях, 3 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 1 — в периодических научных журналах, включенных в базу данных Scopus, 4 — в тезисах докладов, представленных на конференциях всероссийского и международного уровня, 2 — в статьях, индексируемых в РИНЦ. Зарегистрирован 1 патент на изобретение.

7. Замечания

В диссертационной работе выявлены следующие недостатки:

1. Во второй главе БПЛА был представлен как точечный электростатический заряд, но в работе не оговорено при каких условиях справедлива данная модель. БПЛА движется в естественном поле Земли, которое искажается даже в случае, когда полный заряд БПЛА близок к нулю в силу низкой скорости движения относительно воздуха, погодных условий, материала корпуса и т.п. В спокойных условиях напряженность поля Земли в среднем составляет 130 В/м, в условиях грозы поле может возрасти в сотни раз. Регистрация искажений этого поля с высоким пространственным и временным разрешением датчиками может быть ценным диагностическим признаком, позволяющим идентифицировать тип БПЛА.

2. Также не представлены границы применимости допущения о том, что подстилающая поверхность является бесконечной проводящей плоскостью. Как влияют кустарники на плоскость? Небольшие вариации ландшафта? Погодные условия? Если система размещена на сухом песчаном грунте, то можно ли его рассматривать как идеальный проводник 1-ого рода?

3. Во второй главе рекомендуемый шаг расположения датчиков предлагается использовать исходя из уровня электростатического заряда. Хотелось бы увидеть больше теоретических данных о электрических данных различных БПЛА в разных климатических условиях.

4. При сравнении различных средств противодействия средствам разведки подробно не описаны средства подавления электростатической сигнатуры.

5. В диссертации не указано проверялась ли возможность спектрального анализа при помощи Фурье преобразования.

6. В диссертации используется термин БПЛА. В п. 5 ст. 32 Воздушного кодекса РФ для обозначения воздушного судна, управляемого, контролируемого в полёте пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна закреплен термин БВС. Термин БПЛА в законе не используется, однако прижился в быту, поэтому использование его в диссертации допустимо, но предпочтение следовало отдать термину БВС.

Указанные выше замечания не снижают научной и практической ценности полученных результатов диссертационной работы.

8. Заключение

Диссертация Скрябина Юрия Михайловича «Информационно-измерительная система электростатической локализации БПЛА и её алгоритмическое обеспечение» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеет внутреннее единство и свидетельствует о вкладе автора в науку. В диссертационной работе решается важная научная задача по обнаружению малых летательных аппаратов.

Диссертация выполнена автором на высоком научно-техническом уровне, написана технически грамотно и оформлена в соответствии с требованиями.

Диссертация «Информационно-измерительная система электростатической локации БПЛА и её алгоритмическое обеспечение» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Скрябин Юрий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки).

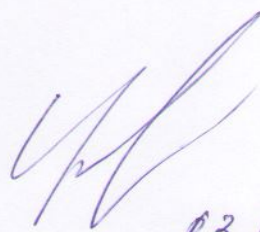
Официальный оппонент

доцент кафедры электродинамики

радиофизического факультета

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Кандидат физико-математических наук Умнов Алексей Львович


03.06.2025

Подпись доцента Умнова А.Л. заверяю:



Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского".

Сайт организации: <http://www.unn.ru/>

Почтовый адрес: РФ, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Контактный телефон: +7(831) 462-30-85

e-mail: unn@unn.ru

С отзывом ознакомлен 09.06.2025 