

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель генерального директора

генеральный конструктор
АО «Корпорация «Физотрон-НИИР»

Ю.Н. Гуськов

2019 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Тарасенко Анны Максимовны «Методика цифрового формирования сложных сигналов для улучшения характеристик радиотехнических средств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Актуальность темы диссертации

Формирование и исследование сигналов является важной задачей радиотехники, так как вид модуляции излучаемых сигналов влияет на ключевые характеристики радиотехнического средства и его параметры. Одним из главных направлений развития и совершенствования радиоэлектронных средств является поиск новых видов сложных сигналов, к которым можно отнести сигналы с комбинированными видами модуляции, программно изменяемыми параметрами, межпериодным расширением спектра и шумоподобные радиосигналы. В радиолокационных и связных системах широко применяется интеллектуальная перестройка режимов формирования и приёма сигналов для защиты от помех и обнаружения.

Системный подход к разработке сложных радиотехнических средств подразумевает согласованный выбор аппаратных и программных решений на ранних стадиях разработки. Новые сигналы должны создаваться совместно с разработкой приемо-передающей аппаратуры сложных радиотехнических систем и заложенными в них алгоритмами обработки информации. Если в прошлом возможность выбора вида модуляции определялась схмотехнической реализацией, то современное развитие цифровой техники предоставляет широкие возможности для генерации сигнала с различной модуляцией, что целесообразно использовать при разработке радиотехнических средств.

В системах связи при передаче информации на вход приемного тракта одновременно поступают сигналы различной амплитуды от нескольких станций. Таким образом, в

результате обработки высокие боковые лепестки сжатых сигналов с большой амплитудой могут перекрывать главные лепестки низкоуровневых сигналов, что приводит к снижению скорости передачи и потерям информации. В системах дистанционного зондирования Земли на вход приемного тракта радиотехнического датчика также поступает композиция сложных сигналов, отраженных от близко расположенных целей. Как следствие, высокие БЛ от объектов с большой эффективной площадью рассеяния скрывают отклики от объектов с малой ЭПР, а также могут создавать «фантомы» (ложные изображения). Высокий интегральный уровень боковых лепестков обуславливает «засветку» фона, снижает динамический диапазон и затрудняет обнаружение поверхностно распределённых объектов с низким коэффициентом обратного рассеяния и распознавание объектов с незначительно различающимися удельными ЭПР.

Динамический диапазон радиофизических изображений особенно важен для задач сельского хозяйства. В настоящее время повышается спрос на экологически чистую продукцию растениеводства, поэтому многие фермерские хозяйства заказывают радиофизический мониторинг угодий с целью обнаружения границ посевов, подверженных нападению вредителей, пораженных болезнями для целенаправленного и строго дозированного использования химических средств защиты растений, а также испытывающих недостаток питательных веществ и влаги. Неправильное определение границ раздела приведет к необоснованному применению средств защиты растений и нарушению баланса питательных веществ, а также может стать причиной гибели урожая.

В условиях крайнего севера и Арктических льдов возрастают требования к радиометрическому разрешению, которое позволяет определить разницу толщины льда и найти проход для судов. При проведении мониторинга чрезвычайных ситуаций время и силы спасательных мероприятий могут быть потрачены неэффективно из-за ложных откликов, создаваемых на РФИ пиковыми боковыми лепестками модулирующих функций.

Преимущества от применения подходящих сигналов для решения конкретной задачи может во много раз превысить затраты на своевременное решение задачи поиска и выбора вида сложного сигнала. Расширение библиотеки используемых сигналов увеличивает целевое назначение датчика ДЗЗ, что особенно важно для космических датчиков, запуск которых ограничивается как финансированием, так и местом на орбите.

Применение традиционных видов модуляции, таких как линейная частотная модуляция (ЛЧМ), приводит к тому, что для подавления высоких боковых лепестков применяются весовые окна. Это делает фильтрацию несогласованной и приводит к ухудшению разрешающей способности и отношения сигнал/шум.

Таким образом, повышение требований к радиотехническим датчикам и расширение круга задач, которые необходимо решать с их помощью, вынуждает к созданию методики формирования сигналов, которая включала бы в себя возможность исследования свойств различных сложных сигналов с целью улучшения характеристик выходного изображения, так как нередко оптимизация вида излучаемого сигнала – единственный способ удовлетворения предъявляемых требований.

Научная новизна полученных результатов и проведённых исследований

Для достижения основной цели исследования, состоящей в создании методики цифрового формирования сложных сигналов, позволяющих улучшить характеристики изображений, получаемых радиотехническими датчиками дистанционного зондирования Земли, автором был решён ряд задач, при этом получены новые научные результаты:

- разработана методика формирования сложных сигналов, включающая в себя исследование сигналов различных видов;

- предложены новые виды сложных сигналов на основе комбинаций М-последовательностей, последовательностей Лежандра и с использованием стохастических модулирующих функций;

- на основании полученного аналитического выражения, связывающего вид двумерной функции отклика с функциями внутриимпульсной модуляции и перестройки частоты импульсов радиосигнала, предложена модификация метода межпериодного расширения спектра;

- сформулированы критерии выбора функций для модуляции сложного сигнала радиотехнического датчика ДЗЗ.

Практическая значимость полученных результатов

На основании проведённого сравнительного анализа выявлено, что при выборе вида сложного сигнала необходимо исходить из целевого назначения РЭС. Выработаны рекомендации по применению сигналов, модулированных различными функциями, для решения практических задач. Предложена методика формирования и новые виды сложных сигналов, которые могут применяться при разработке формирователя сигналов радиотехнических датчиков ДЗЗ.

Новый вид сложного сигнала на базе комбинаций чередования и сдвига М-последовательностей (МП) позволяет улучшить качество получаемого изображения путем снижения яркости ложных откликов до уровня $-55,5$ дБ без существенного усложнения

схемотехнических решений. Применение стохастических функций для модуляции импульсов снижает яркость артефактов до уровня $-45,7$ дБ и повышает скрытность работы РТД.

Модификация метода межпериодного расширения спектра позволяет улучшить пространственное разрешение изображения пропорционально расширению спектра и уменьшить при этом ложные отклики на изображении с минус 2,1 дБ до минус 15,1 дБ при базе сигнала 500.

При решении задач оценки ЭПР снимаемых протяженных объектов предпочтительнее использование комбинационных сигналов на базе последовательностей Лежандра, так как они обеспечивают интегральный уровень боковых лепестков на 3,2 дБ ниже, чем М-последовательности.

Модуляция сигнала комбинациями М-последовательностей с различными законами чередования была применена в макете приемо-передающей аппаратуры космического радиотехнического датчика «ЭЛСАР».

Формирование, имитация и анализ сигналов РЭС средствами аппаратно-программного комплекса экспериментальной отработки применяется при наземных бесполётных испытаниях авиационного радиотехнического комплекса. Имитированные сигналы различных РЭС, сформированные средствами аппаратно-программного комплекса экспериментальной отработки в соответствии с предлагаемыми методиками, могут использоваться для пополнения библиотеки систем радиотехнической разведки.

Достоверность полученных выводов и результатов

Достоверность основных положений и выводов диссертации подтверждается использованием современных научных методов и корректным использованием математического аппарата, сравнением результатов математического моделирования и экспериментов.

Замечания

1. Не приведены результаты эксперимента по межпериодному расширению спектра.
2. При анализе сигналов ЛЧМ не рассмотрена возможность улучшения характеристик изображения путём применения специальных алгоритмов обработки.
3. В диссертации представлено описание кодов Баркера, но дальнейшие исследования возможности построения на их базе новых перспективных сигналов не проведены.
4. В тексте диссертации имеются недочёты оформительского характера.
5. В автореферате на рисунке 4 (стр. 16) неразборчиво напечатаны легенды графиков.

Заключение

В целом диссертация Тарасенко А.М. представляет собой целостную и законченную научно-квалификационную работу, в которой автором предложена методика цифрового формирования сложных сигналов для улучшения характеристик радиотехнических средств. Научная новизна и практическая ценность полученных результатов не вызывает сомнения. Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание работы.

Диссертационное исследование А.М. Тарасенко выполнено на высоком научном уровне, работа изложена технически грамотным языком, качественно оформлена.

Диссертация А.М. Тарасенко «Методика цифрового формирования сложных сигналов для улучшения характеристик радиотехнических средств» соответствует специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Тарасенко Анна Максимовна – заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовил:

Доктор технических наук,

Карпов Олег Анатольевич

Старший научный сотрудник отдела 13

АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР»

“06” мая 2019 г.

Отзыв на диссертацию рассмотрен на заседании секции НТС, протокол № 7 от “06” мая 2019 г.

Ученый секретарь НТС,

Панин Борис Анатольевич

кандидат технических наук,

начальник лаборатории отдела 13

АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР»

“06” мая 2019 г.

Подпись старшего научного сотрудника отдела 13, д.т.н. Карпова О.А. удостоверяю.

Первый заместитель генерального директора-

Генеральный конструктор

АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР»

Гуськов Юрий Николаевич

АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР»

Акционерное Общество «Корпорация «Фазотрон-Научно-Исследовательский Институт
Радиостроения»

Адрес: 123557, Россия, г.Москва, Электрический пер., 1.

Адрес для корреспонденции: а/я 53, г.Москва, Россия, 125167

Телефон: (495) 927-0777

Факс: (495) 927-0778

Адрес электронной почты: info@phazotron.com