

устройства для антенной решетки в составе системы радиомониторинга диапазонов ОВЧ и УВЧ. В докладе представлены структурная схема диаграммообразующего устройства совместно с антенной решеткой.

Определенное место в деятельности филиала ФГУП НИИР – СНИИР занимают разработки антенн диапазона ОВЧ с улучшенными массогабаритными показателями и обладающих повышенной стойкостью к воздействию климатических факторов. В докладе представлено разработанное и запатентованное схемно-техническое решение антенной решетки на основе вертикальных вибраторов, пространственно совмещенных с опорой. В отличие от известных коллинеарных антенн данное устройство представляет собой решетку параллельного питания, обладающее значительно лучшими диапазонными свойствами, позволяющее осуществлять наклон диаграммы направленности в вертикальной плоскости и т.д. На этой основе создан ряд изделий, рассчитанных на сложные метеорологические условия; в настоящее время ряд изделий успешно эксплуатируются в составе центровых станций спецсвязи ФСО России.

Применительно к диапазонам ОВЧ и УВЧ в докладе дан краткий обзор выполненных в ближайшей ретроспективе разработок кольцевых антенных решеток, реализующих схемно-пространственное сложение некогерентных сигналов с малыми потерями. До настоящего времени ряд изделий успешно эксплуатируются в составе многоканальных центровых станций специальной подвижной радиосвязи ФСО России. Сейчас, в результате появления и внедрения многоканальных радиостанций, в которых мультиплексия каналов связи осуществляется на уровне формирования сигнально-кодовых конструкций, технология схемно-пространственного сложения утрачивает свою актуальность. Тем не менее, эта технология, базирующаяся на формировании ортогональных диаграмм направленности, вполне может быть востребована и на современном этапе, позволяя реализовать современные методы сигнальной обработки на основе множественной передачи и приема, векторной сигнальной обработки и т.д.

УДК 658.512

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНЫХ СИГНАЛЬНО- КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ

Г.И. Леонович¹, С.В. Олешкевич², М.Г. Кузнецов³, В.А. Арефьев⁴
¹ПОСПП РАН г.Самара, ²СЭМЗ, ³СНИУ, ⁴СамГТУ

С появлением многочастотной цифровой связи создание сигнально-кодовых конструкций (СКК) является объектом комплексных научных исследований в области радиофизики и информационных технологий, связанных с увеличением пропускной способности радиоканалов и ужесточением требований к битовым ошибкам. Немаловажное значение имеет

тренд на создание СКК с изначально заложенными опциями помехоустойчивого кодирования, шифрования и обеспечения энергетической эффективности.

В качестве текущей и перспективной фундаментальной проблемы остается поиск эффективных решений задач пространственно-временной обработки и формирования сигналов в распределенных многоканальных информационно-телекоммуникационных системах. В число главных целей входит развитие методов многокритериального синтеза СКК с учетом появления новых знаний в радиофизике, научных достижений в области информационных технологий и высокопроизводительных программно-аппаратных средств. Одно из перспективных направлений - синтез СКК на основе адаптивной модуляции с использованием алгоритмов кодирования канала и шифрования, обеспечивающих наибольшую помехозащищенность. При этом особую роль отводят изучению специфики сигнально-помеховой обстановки для различных частотных диапазонов и сфер применения радиотехнических средств.

Например, с 2015 года активно исследуется и совершенствуется технология LoRaWAN для низкоскоростных приложений (Интернет вещей IoT, беспроводных сенсорных сетей и т.п.), которая сочетает метод внутриимпульсной линейной частотной модуляции (ChirpFM) или другие типы частотной модуляции, включая многочастотную, с узкополосной сетевой технологией широкого радиуса и низким энергопотреблением. Для повышения энергоэффективности СКК помимо удовлетворения многим стандартным требованиям должны быть также ориентированы на минимизацию времени формирования и распознавания сигналов в приемопередающем устройстве.

Для широкополосных сетей сохраняют актуальность исследования систем, основанных на многочастотных ортогональных составляющих (например, OFDM), что связано с их главными достоинствами: высокой устойчивостью к многолучевому распространению, возможностью применения принципа эквалайзерного адаптивного варьирования скоростью передачи информации, простотой аппаратной реализации. Предметами исследований являются синхронизация частоты и времени, борьба с доплеровским эффектом, фазовым шумом и, что наиболее трудно в реализации, с высоким пик-фактором.

Авторами предложен способ обработки принимаемых сигналов, позволяющий использовать пик-фактор для быстрого распознавания OFDM-символов и других типов многочастотных сигналов по отдельным частотно-временным фрагментам с максимальным ОСШ. При этом используются данные, получаемые в процессе текущей цифровой обработки принимаемого сигнала, априорная информация о базисе символов (например, значения частот ортогональных поднесущих и параметров сигнальных созвездий), а также данные, полученные из настроечных и предыдущих информационных символов.

Алгоритм распознавания заключается в организации выбора и обработки сэмплов синтезируемого сигнала с минимальным отличием от

сэмплов принимаемого символа. Определение разностей значений сэмплов при распознавании OFDM-символа может быть описано формулой:

$$\delta s_n = s_n - \left(\frac{\gamma}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S_k e^{j \frac{2\pi}{N} kn} + \frac{\eta}{M} \sum_{l=N}^{M-1} S_l e^{j \frac{2\pi}{M} ln} \right), \quad n = 0, \dots, M-1,$$

где s_n - значения сэмплов принимаемого сигнала; γ, η - масштабные коэффициенты; S_k - значения амплитуд из массива кандидатов сигнальных созвездий низкочастотных составляющих; S_l - значения амплитуд частотных составляющих, измеренных посредством полосовых фильтров.

Количество кандидатов в простейшем алгоритмическом варианте определяется полным перебором сочетаний R значений сигнальных созвездий N низкочастотных поднесущих. Если фрагмент принимаемого сигнала $s(t)$ с пиковым ОСШ приходится на начало символа, то имеет место возможность раннего распознавания символа, чем обосновывается введение в контур управления радиоканалом функции, отвечающей за процедуру перехода к передаче следующего символа. С ростом N эффект увеличения скорости может достигнуть существенной величины, обусловленной динамикой и особенностями воздействующих помех, методом формирования СКК, погрешностью и производительностью программно-аппаратных средств. Предложенный подход применим и к другим типам многочастотных сигналов, а также к алгоритмам компрессии, использующим многочастотное представление данных. Это предопределяет тематику исследований по созданию эффективных алгоритмов и цифровой техники, которые должны обеспечивать быструю обработку больших массивов данных с учетом ряда специфических требований, присущих конкретным сферам применения информационных и телекоммуникационных систем.

УДК 681.518.3

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОДНОВИТКОВЫХ ВИХРЕТОКОВЫХ ДАТЧИКОВ

С.Ю. Боровик, Ю.Н. Секисов

ФГБУН «Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара»

Высокоэффективный газотурбинный двигатель (ГТД) является основой для создания перспективной авиационной техники различного назначения. Основные энергетические и эксплуатационные показатели ГТД во многом зависят от состояния «горячей части» газогенератора и, в частности, от геометрических параметров его проточной части,