



2. Цели и задачи логистики [Электронный ресурс] – Электрон.текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2017. – Режим доступа: <https://znaytovar.ru/new2735.html>, свободный.

3. Новикова С.В. Преимущества компьютерных тренажёров при изучении вычислительных методов // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2015. - V.18. - №2. - С.478-488. - ISSN 1436-4522.

А.В. Волынская

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ СВЯЗИ С НИЗКИМ ОТНОШЕНИЕМ СИГНАЛ/ПОМЕХА

(Уральский государственный университет путей сообщения)

В настоящее время в каналах связи применяется угловая модуляция (частотная и фазовая) и их модификации, основанные на нелинейных преобразованиях несущего колебания и подверженные пороговому эффекту помехоустойчивости [1]. Причем, чем шире полоса полезного сигнала, тем раньше наступит пороговый эффект. В работе [2] приведены результаты исследований каналов передачи информации, в которых отношение сигнал/помеха существенно меньше единицы, что актуально для обеспечения помехоустойчивости и скрытности.

В данной статье рассматривается один из способов линейной модуляции, при котором модулируется не один или несколько параметров гармонического несущего колебания, а все отсчетные значения сложного шумоподобного несущего колебания.

Линейная мультипараметрическая модуляция (ЛММ) – алгоритм, реализующий идею, предложенную К. Шенноном: перераспределять мощность передатчика на участки спектра, где мощность помехи – мала [3]. Алгоритм и варианты технической реализации ЛММ шумоподобной несущей путем ее свертки (convolution) с передаваемым сигналом и развертки (deconvolution) на приемном конце предложены в [4, 5]. На рис. 1 представлены схема и временные диаграммы, поясняющие суть ЛММ. Сигнал на выходе модулятора является сверткой полезного сигнала и несущего колебания, при этом каждое его отсчетное значение есть результат линейного взаимодействия всех отсчетных значений несущего колебания со всеми отсчетными значениями полезного сигнала, что обеспечивает как высокую помехоустойчивость, так и высокую скрытность.

Для проверки корректности ЛММ и оценки его помехоустойчивости проведено моделирование в программной среде Visual Studio 2010 [6]. В качестве передаваемых сигналов рассматриваются канонические сигналы Баркера и новые, более сложные, комбинированные сигналы Баркера, а в качестве несущего колебания – случайная (шумоподобная) двоичная последовательность [7]. Производится свертка одного из выбранных сигналов с псевдослучайной двоичной



последовательностью, в результате чего получается сложное шумоподобное колебание, к которому добавляется помеха, сформированная с помощью генератора случайных чисел. Для демодуляции вычисляется матрица, обратная матрице несущего колебания и соответствующая демодулирующему колебанию, и производится его свертка с принятой смесью сигнала и помехи. В результате получаем демодулированный сигнал, для которого вычисляется нормированная функция взаимной корреляции (ВКФ) с переданным сигналом. По главному пику этой функции оценивается возможность надежного обнаружения переданных сигналов.

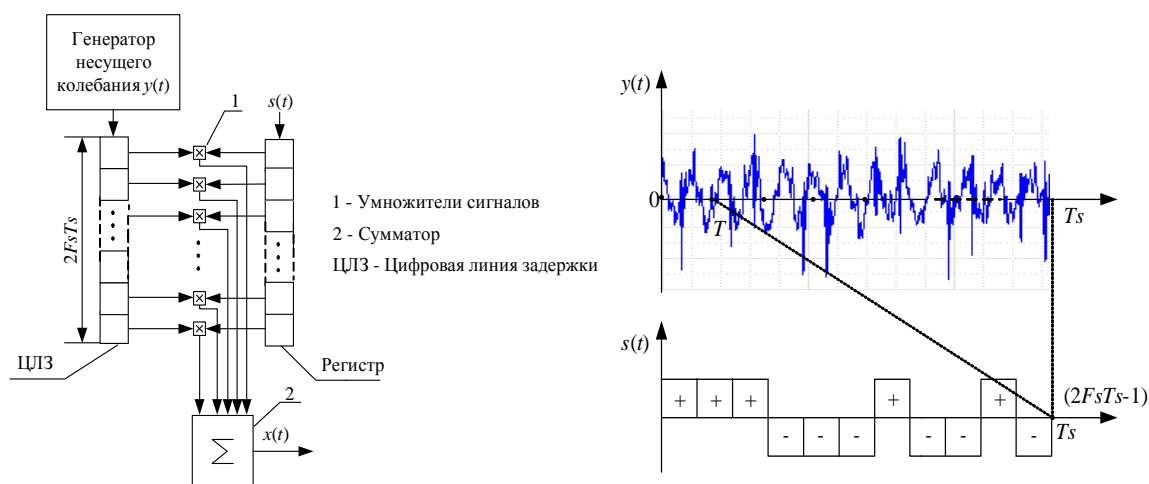


Рис. 1. Схема линейного мультипараметрического модема и временные диаграммы его работы

Результаты моделирования показали, во-первых, устойчивость алгоритма сложной модуляции-демодуляции, что подтверждается полным совпадением сигналов и видом функции их взаимной корреляции до модуляции и после демодуляции; во-вторых, высокую помехоустойчивость этого алгоритма [7].

Кроме помехоустойчивости, предложенный алгоритм ЛММ позволяет обеспечить и высокую скрытность передачи информации.

Для того, чтобы осуществить перехват информации требуется последовательно решить три задачи (рис. 2): установить сам факт передачи информации; выявить сигналы, с помощью которых передается информация; расшифровать эти сигналы [8].

Анализ возможности применения ЛММ для обеспечения защиты передаваемой информации позволяет сделать следующие выводы:

1. Так как выбор несущего колебания произволен, то можно формировать спектр сигнала в канале связи подобный спектру помех, что маскирует сам сеанс связи.

2. Если спектр канального сигнала располагается в области высоких частот, то на приемной стороне можно организовать накопление полезного сигнала, уровень которого значительно ниже уровня помех [9].



Рис. 2. Трехуровневая структура обеспечения информационной безопасности

3. В паузах передачи информации сигнал в канале равен нулю, в отличие от традиционных видов модуляции, когда в канале присутствует несущее синусоидальное колебание в чистом виде, которое легко обнаруживается средствами перехвата.

4. Структурная скрытность обеспечивается за счет того, что информационный сигнал и несущее колебание никогда не присутствуют в канале порознь, а только в свертке (их нельзя разделить подобно тому, как по сумме невозможно однозначно определить слагаемые). Таким образом, невозможно выделить несущее колебание, и, следовательно, произвести демодуляцию.

5. Информационный барьер можно обеспечить, применяя процедуру свертки для шифрования передаваемых сообщений [10].

Таким образом, применение операции математической свертки для модуляции позволяет повысить как помехоустойчивость, так и энергетическую, структурную и информационную скрытности передаваемой информации.

### Литература

1. Голдман С. Теория информации. – Изд. Иностранной литературы М.: 1957. – 446 с.

2. Волынская А.В., Сергеев Б.С. Предпосылки применения псевдослучайных сигналов-переносчиков в каналах телемеханики железнодорожного транспорта // Транспорт: наука, техника, управление : Научный информационный сборник РАН ВИНТИ, 2011. – Вып. 6. – С. 39-41.

3. С. Е. Shannon. Communication in the presence of noise. – PIRE 37, 1, 10-21. – 1949.

4. Самойлов А.И. Выбор оптимального зондирующего сигнала // Геология и геофизика, 1982. – №7. – С. 105-112.



5. Волынская А.В. Разработка устройств формирования и оптимальной обработки сложных двоичных сигналов для информационных систем железнодорожного транспорта // Информационные технологии : Теор. и прикл. науч.-техн. журнал. – М.: Новые технологии, 2014. – № 2. – С. 65-70.

6. Волынская А.В., Сапожников И.В. Результаты компьютерного моделирования мультипараметрической модуляции // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : Труды XVI Международной конф. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2014. – С. 540-548.

7. Волынская А.В., Сапожников И.В. Разработка линейного мультипараметрического модема для каналов передачи информации с низким отношением сигнал/помеха // Информационные технологии : Теор. и прикл. науч.-техн. журнал. – М.: Новые технологии, 2015. – Т. 21. – № 8. – С. 590-594.

8. Волынская А.В. Метод повышения энергетической и структурной скрытности радиоканалов // СвязьПром-2004 : Материалы Международной науч.-практ. конф. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. – С. 417-422.

9. Волынская А.В. Применение адаптивного накопления сигналов для повышения надежности PLC-R канала управления локомотивом // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : Труды XVII Международной конф. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2015. – С. 583-589.

10. Волынская А.В. Способ защиты данных при передаче ответственной информации по открытым каналам // Фундаментальные исследования : Науч. журнал РАЕ. – М., 2016. – № 8 (часть 1). – С. 19-23.

Д.М. Габитова, Ю.Н. Дементьев, А.В. Никитин

## ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА СТАРТОВЫХ И НА ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЕРТОЛЕТА

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ)

Для предотвращения авиационных происшествий на стартовых и взлетно-посадочных режимах вертолета, при решении полетных и специальных задач необходима информация о величине и положении вектора ветра относительно продольной оси вертолета [1-3]. Измерение параметров вектора ветра и вектора истинной воздушной скорости на стоянке, при рулении и маневрировании по земной поверхности, при взлете и посадке, на режиме висения и в полете известными средствами [4, 5] ограничивается значительными аэродинамическими возмущениями, вносимыми вихревой колонной несущего винта, что определяет необходимость создания бортовых систем, максимально учитывающих специфику аэродинамики и динамики движения вертолета на всех этапах полета.

Учитывая специфику работы бортовой системы измерения параметров вектора ветра одновинтового вертолета для определения параметров вектора