

## 2. Разработка модели формирования квазистохастического телеграфного сигнала, содержащего информацию о начальной фазе передаваемого сообщения

Важным функциональным узлом автоматического радиоприемного устройства (АРПУ) дискретных сигналов является система тактовой синхронизации, от безошибочной работы которой во многом зависит устойчивость и эффективность работы канала связи (КС) в целом.

В настоящее время в основе оптимальной процедуры обработки измеренных значений фазы в цифровых разомкнутых системах тактовой синхронизации (ЦРСТС) АРПУ применяется алгоритм, получивший название «алгоритм  $m$  из  $n$ », где  $m$  – порог срабатывания решающей схемы ЦРСТС,  $n$  – общее количество значащих моментов восстановления (ЗМВ) знакоперемен телеграфных импульсов принятых из КС [4].

Достоинствами названного алгоритма являются: адаптация решающего правила о фазе принимаемого сигнала к изменчивым условиям ведения связи в точке приема, минимизация времени «вхождения» в режим синхронизации, простота временной структуры синхронизирующих импульсов в виде периодической последовательности знакоперемен с периодом равным периоду тактовой синхронизации. Эти преимущества способствовали широкому внедрению «алгоритма  $m$  из  $n$ » в современные ЦРСТС и обеспечили устойчивую работу АРПУ в условиях непреднамеренных помех и быстрых замираний. Однако появление и ограниченные возможности по многостанционному доступу к КС в декаметровом диапазоне вынуждают искать способы противодействия перечисленным негативным факторам.

К недостаткам алгоритма следует отнести необходимость использовать в качестве

В основе временной функции, описывающей квазистохастический телеграфный сигнал, - априорно заданная статистическая структура (периодически повторяющаяся через интервал  $\tau^*$ ), содержащая в общем случае три элемента (рис.1):

Центральный элемент (ЦЭ) - логическая единица со случайной продолжительностью  $L_{ЦЭ}$ , имеющей экспоненциальное распределение (т.е.  $p(L_{ЦЭ}) = A \exp(-\alpha \tau)$ ) на временном отрезке  $[0; \tau^*]$ ;

Начальный элемент (НЭ) – логический ноль, предшествующий ЦЭ, с продолжительностью  $L_{НЭ}$ . Последняя точка НЭ расположена на оси времени случайным образом с равномерным распределением на отрезке  $[0; (\tau^* - L_{ЦЭ})]$ ,

Конечный элемент (КЭ) – логический ноль, с длительностью  $L_{КЭ}$ , формируемой как дополнение до  $\tau^*$  суммы первых двух элементов, т.е.  $L_{КЭ} = \tau^* - (L_1 + L_2)$ .

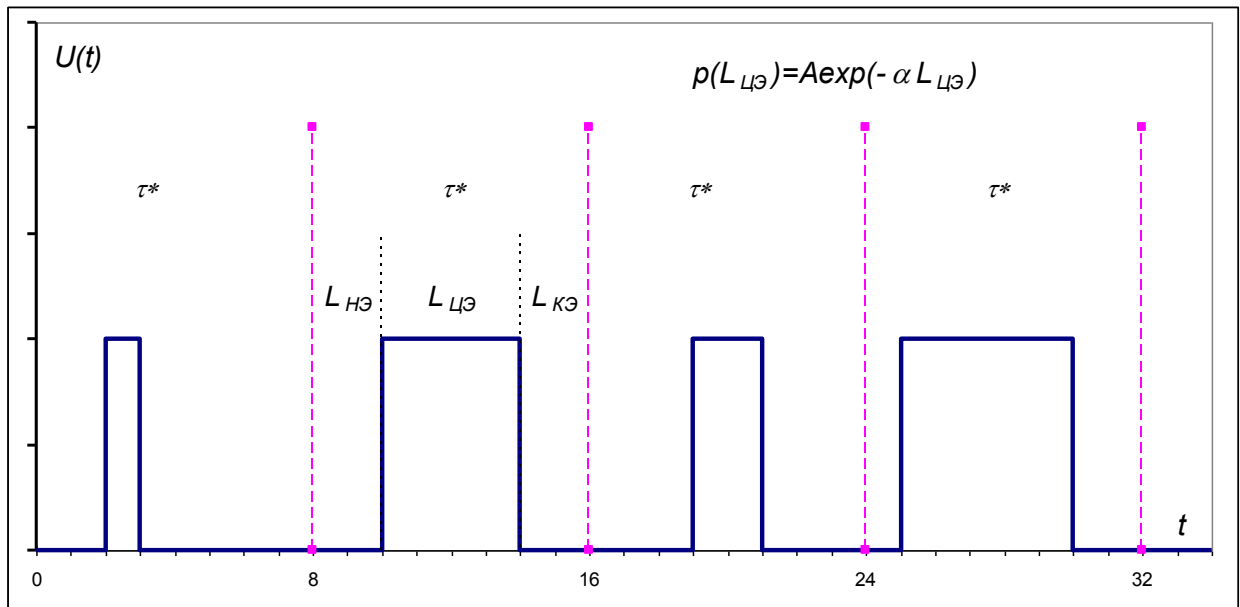


Рис.1. Реализация псевдослучайного телеграфного видеосигнала с экспоненциальной статистической структурой логических единиц

Как видно из рис.1 псевдослучайный телеграфный сигнал с экспоненциальной статистической структурой не имеет параметров, непосредственно указывающих на фазу тактовой синхронизации. Однако априорно известные статистические параметры  $p(L_{ЦЭ})$  и строго периодическая структура, заложенные в алгоритм синтеза псевдослучайного телеграфного сигнала, позволяют разработать процедуру анализа, однозначно восстанавливающего период  $\tau^*$  и фазу начала трансляции сигнала.

Исходные данные для процедуры синтеза:

1. Интервал  $\tau^*$ , периодически  $N$ -кратно повторяющейся последовательности псевдослучайных временных функций.
2. Параметры экспоненциального распределения:  $A$  - амплитуда и  $\alpha$  - декремент затухания экспоненты  $p(L_{ЦЭ})$ .
3.  $N$  независимых датчиков случайных чисел, равномерно распределенных на интервале  $(0;1)$ , где  $N$  – общее число периодов во временной структуре псевдослучайного телеграфного видеосигнала.

Алгоритм синтеза состоит из 3 этапов:

Шаг 1. Совместно запускаются  $N$  независимых датчиков случайных чисел (ДСЧ), каждый из которых формирует случайную величину (с.в.) с равномерным распределением на участке  $(0;1)$ . По известному алгоритму [5] все  $N$  с.в. преобразуются в с.в., подчиненные экспоненциальному распределению с параметрами  $A$  и  $\alpha$ .

Таким образом, на первом этапе результатом работы алгоритма является формирование множества  $N$  детерминированных чисел, каждое из которых является реализацией экспоненциального ДСЧ. Всем детерминированным значениям из полученного набора ставится в соответствие продолжительность  $L_{ЦЭ}$  для  $N$  периодов временной функции, описывающей квазистохастический телеграфный сигнал (рис.1). На следующем этапе каждое из этих чисел должно быть случайным образом размещено в пределах одного детерминированного интервала  $\tau^*$ .

Шаг 2. Для каждого интервала  $\tau^*$  последовательно определяется абсцисса начала размещения ЦЭ. Сначала определяется размер (длина) участка для этого размещения, по формуле:  $L_{НЭi} = \tau^* \cdot DCЧ_{(0;1)}$ . Затем, по результатам работы  $N$  независимых ДСЧ $_{(0;1)}$  с равномерным распределением от 0 до 1 – сама абсцисса первой точки каждого ЦЭ, по формуле:  $t_{1;i} = i \times \tau^* + L_{НЭi} \times DCЧ_{(0;1)}$ , где  $i$  – порядковый номер интервала  $\tau^*$ ,  $i = \overline{0;N}$ ;  $L_{НЭi}$  – продолжительность  $i$ -го ЦЭ;  $DCЧ_{(0;1)}$  – с.в. – результат работы  $i$ -го ДСЧ с равномерным распределением от 0 до 1.

Шаг 3. Полученные на предыдущем шаге временные отрезки  $\tau^*$  с размещенными на них ЦЭ составляются вплотную к друг другу в непрерывную последовательность. Значениям временной функции, соответствующие ЦЭ, присваивается амплитуда равная логической единице. Временным интервалам между логическими единицами присваивается значение логического нуля.

Таким образом, завершается синтез реализация псевдослучайного телеграфного видеосигнала с экспоненциальной статистической структурой логических единиц, фрагмент которого показан на рис.1.

Рассматривая синтезированный сигнал, состоящий из повторяющихся элементов, как суперпозицию независимых, но совместных импульсов можно построить энтропию, позволяющую оценить объем информации, содержащейся на временном отрезке  $T = N \times \tau^*$ . Выражение для энтропии сигнала, состоящего из положительных импульсов случайной длительности с экспоненциальным распределением получено в [6]. Не повторяя выкладки, приведем окончательный результат [6]:

$$S(N; \tau^*) = -\lg \left[ 1 + \frac{N}{2} \left( \int_0^{\tau^*} \tau^2 e^{-\tau} d\tau - 2 \right) \right] \quad (4).$$

Выражение (4) выступает индикатором, указывающим на информационную «насыщенность» псевдослучайного телеграфного сигнала. Этому уровню

информационной насыщенности соответствуют разработанные радиотехнические характеристики в виде автокорреляционной функции АКФ и спектральной плотности псевдослучайного телеграфного сигнала.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведение процедуры преобразования кортежа признаков в вектор, использование энтропийного функционала для характеристики вектора и линеаризация дивергенции Кульбака, как информационной меры близости двух распределений, составляют основу метода дивергентной экспресс-диагностики плохо определяемой электромагнитной обстановки, характеризующейся высокой степенью неопределенности. Угроза применения имитационных помех для нарушения работы перспективных радиолиний означает появление помех принципиально новой, информационной природы. Противодействие этим помехам (радиоэлектронная защита) стимулирует разработку сигналов устойчивых к подобного рода воздействиям. Примером синтеза одного из таких сигналов является разработанная модель формирования квазистохастического телеграфного сигнала, скрывающего информацию о начальной фазе тактовой синхронизации передаваемого сообщения.

Для количественной оценки возможности получения полезной составляющей из синтезированного сигнала наряду с традиционными радиотехническими характеристиками использованы информодинамические показатели информационной близости (удаленности) временной структуры псевдослучайного сигнала от шума.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шварц Л. Анализ. В 2-х томах.Т.2.-М.: Мир, 1972.-528с.
2. Кульбак С. Теория информации и статистика.-М.: Наука, 1967.-335с.
3. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки.-М.: Сов.радио, 1968.-448с.
4. Побережский Е.С. Цифровые радиоприемные устройства.-М.: Радио и связь, 1987.-184с.
4. Гряник В.Н.Статистическая теория ценности в задачах радиоразведки и безопасности связи /В.Н.Гряник, Л.М.Перерва, В.В.Юдин. –М.: Горячая линия-Телеком, 2005.-202с.
5. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.-М.: Гл.ред.физ.-мат.лит. Наука, 1968, 356с.
6. Бухвинер В.Е. Оценка качества радиосвязи.-М.: Связь,1974.-224с.
- Орошук И.М. Основные направления применения имитационных помех в системах радиосвязи. Классификация способов имитонападения. //НТК: Безопасность информационных технологий. Пенза, 2001.Т.2.-С.25-28.
12. Френкс Л. Теория сигналов. –М.: Сов.радио, 1974.-344с.
13. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. –М.: Сов.радио, 1978.-304с.
1. Бухвинер В.Е. Оценка качества радиосвязи.-М.: Связь,1974.-224с.

2. Головин О.В. Декаметровая радиосвязь.-М.: Радио и связь, 1990.-240с.
3. Бонгард М.М. О понятии «полезная информация» // Проблемы кибернетики. Вып.9. 1963.-С.71-103.
4. Стратонович Р.Л. Теория информации. -М.: Сов.радио, 1975.-424с.
5. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии. Под ред. Радзиевского. –М.: Радиотехника, 2006.-428с.
6. Владимиров В.И., Шляхин В.М., Лихачёв В.П. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. Методы и математические модели. –М.: Радиотехника, 2004.-380с.
7. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и её приложения. В 2-х томах. Т.1: Пер. с англ. -М.: Мир, 1984.-528с.
8. Гряник В.Н.Статистическая теория ценности в задачах радиоразведки и безопасности связи /В.Н.Гряник, Л.М.Перерва, В.В.Юдин. –М.: Горячая линия-Телеком, 2005.-202с.
9. Гряник В.Н., Перерва Л.М., Юдин В.В. Прагматика борьбы систем за ценный остродефицитный ресурс. // XII Всероссийский семинар «Нейроинформатика и ее приложения». -Красноярск, 2004.-С.186-187.
10. Орошук И.М. Основные направления применения имитационных помех в системах радиосвязи. Классификация способов имитонападения. //НТК: Безопасность информационных технологий. Пенза, 2001.Т.2.-С.25-28.