

3 Технічні засоби системи захисту інформації. Стандартизація та метрологічне забезпечення систем ТЗІ. Визначення відповідності засобів ТЗІ

УДК 621.396.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНЦИЙ ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ

*Дмитрий Вергелес, Геннадий Леоненко, Андрей Паламарчук, Алексей Юдин
ГосНИИ Спецсвязи*

Аннотация: Излагаются в сжатом виде результаты исследований возможности использования широкополосных сигналов (ШПС) совместно с алгоритмами Витерби для создания станций тропосферной связи нового поколения.

Abstract: In a concise form, the results of research the possibility of using broadband signals (BS) in conjunction with the Viterbi algorithms to create stations tropospheric new generation communication.

Ключевые слова: Широкополосные сигналы, алгоритм Витерби, согласованный фильтр, тропосферная связь.

Появление в конце 1960-х - начале 70-х средств спутниковой связи и широкое их применение начиная с 1980-х годов значительно сократили область использования станций тропосферной связи. Морально устаревшие станции постепенно выводятся из эксплуатации. В настоящее время станции тропосферной связи применяются, в основном, в сетях связи специального назначения. Несмотря на широкое использование спутниковых систем связи, есть предпосылки к тому, что средства тропосферной связи перспективны как для сетей специального, так и коммерческого назначения. В сетях специального назначения преимуществом тропосферных средств перед спутниковыми является более высокая живучесть в условиях чрезвычайных ситуаций, вооруженных конфликтов и/или антитеррористических мероприятий. В коммерческих сетях применение тропосферных станций в некоторых случаях может быть экономически целесообразнее, чем применение спутниковых систем связи или радиорелейных станций прямой видимости. Использование тропосферных станций возможно также при развертывании линий связи в регионах, где применение спутниковой связи через геостационарные спутники принципиально невозможно. Кроме возможности организации большей протяженности интервалов линий связи, станции тропосферной связи также имеют преимущество перед радиорелейными станциями прямой видимости при организации связи в труднодоступных, горных и малонаселенных районах.

Механизм тропосферного распространения радиоволн обусловлен их рассеянием на неоднородностях тропосферы, поэтому устойчивая связь с использованием этого механизма требует высокого энергетического потенциала радиостанций. В значительной мере осуществление тропосферной радиосвязи осложняется из-за многолучевого распространения радиоволн. При этом излучаемый передатчиком сигнал приходя в точку приема по различным путям испытывает искажения двух типов, получивших названия: селективный фединг и межсимвольная интерференция.

Межсимвольная интерференция связана с интервалом многолучевости или с временем задержки последнего достаточно сильного эхосигнала по сравнению с первым принятым сигналом. При достаточно быстрой модуляции эхосигналы предыдущей посылки будут накладываться на последующую посылку, что и приведет к искажению принимаемых сигналов.

Влияние межсимвольной интерференции при передаче цифровой информации имеет первостепенное значение, так как она обуславливает возникновение несократимых ошибок, исключить которые невозможно даже при неограниченной энергетике радиолинии. Методы борьбы с влиянием селективного фединга и межсимвольной интерференции на тропосферных радиолиниях можно условно разделить на две группы. Первая группа – пассивные методы. К ней относится разнесенный прием. При этом используют пространственное, частотное и угловое разнесение. Однако это достаточно громоздкие системы, которые не дают эффективного улучшения энергетики радиолинии.

Попытки разрешить эти проблемы привели к разработке методов второй группы, так называемых активных методов, которые устраняют влияние этих искажений. К этой группе относятся системы связи, в которых используется многоступенчатая обработка сигнала с расширенным спектром (широкополосным

сигналом - ШПС) в сочетании с помехоустойчивым кодированием по алгоритму Витерби [1].

На первый взгляд кажется, что расширение спектра радиосигнала противоречит тому, что обычно соблюдается при разработке систем связи. Однако это не соответствует действительности. Исключительное использование разделения спектра с помощью фильтров при передаче информации узкополосными системами основано скорее на инерции мышления, чем на использовании математических и физических законов. Шеннон показал, что в идеальном случае при белом шуме полоса системы может быть увеличена до значения, при котором принятая мощность шума равна мощности сигнала. Тем самым могут быть созданы системы, которые будут вести себя совершенно отлично от того, к чему мы привыкли.

В любой системе связи скорость передачи информации в единицу времени зависит от двух переменных: от отношения сигнал/шум в приемнике и от ширины полосы системы. Схема модуляции определяет величину этих параметров и каждый параметр по-разному влияет на скорость передачи сообщения. Можно изменять соотношения между отношением сигнал/шум и шириной полосы системы, сохраняя скорость передачи информации постоянной. Для идеального случая это соотношение выражено формулой Шеннона [2]

$$C = F \log_2(1 + P/N)$$

где C - пропускная способность канала; F - ширина полосы пропускания системы; P - мощность сигнала; N - мощность шума. C - это максимальная скорость передачи, при которой информация может быть передана с произвольно малой частотой ошибки при данных P и N .

Из формулы Шеннона видно, что если мы хотим увеличить надежную скорость передачи информации, то более приемлемо увеличивать ширину полосы пропускания, а не отношение сигнал/шум. Эта формула оправдывает использование широкополосных систем.

Широкополосность системы определяется не абсолютной величиной ширины используемой полосы частот, а соотношением спектра сообщения (он определяется скоростью поступления информации, которую необходимо передать) и спектра сигнала, определяемого выборочным видом модуляции.

Пусть W - ширина спектра сообщения, F_c - ширина спектра сигнала и T_c - длительность сигнала. Произведение WT_c называют базой сигнала. Для узкополосных сигналов выполняются соотношения $F_c = W$, и $WT_c = F_c T_c = 1$, а для сигналов с расширенным спектром $F_c \gg W$ и произведение $F_c T_c$ значительно больше 1 и может лежать в пределах от 10 – 1000.

Отношение F_c/W показывает, во сколько раз мы расширяем спектр сообщения. Не увеличивая скорости передачи информации, мы тем самым вводим в передаваемый сигнал некоторую избыточность, величина которой определяется коэффициентом расширения полосы F_c/W . Наличие этой избыточности определяет полезные свойства систем связи с расширенным спектром: устраняет влияние селективного фединга и межсимвольной интерференции на тропосферных радиоприемах, неидеальных каналов связи, работы в условиях глушения, а также в условиях, когда мощность сигнала в точке приема значительно меньше мощности воздействующих на приемник помех. Реализация полезных свойств ШПС возможна только при их оптимальной обработке. В теории сложных сигналов [3], а ШПС являются такими сигналами, рассматриваются два типа устройств обработки – это коррелятор и согласованный фильтр. Их различие заключается в следующем. Коррелятор является устройством с переменными во времени параметрами, а согласованный фильтр – устройством с постоянными параметрами. Следствием этого является то, что согласованный фильтр инвариантен относительно задержки сигнала и его начальной фазы (насколько эти величины изменяются в сигнале на входе фильтра, настолько они изменяются и в сигнале на выходе), а коррелятор не инвариантен. При этом имеет место сжатие сигнала во временной области в базу раз. Для выявления преимуществ, которые дает использование ШПС и обработка их согласованным фильтром в станции тропосферной связи, целесообразно сравнить энергию сигнала без ШПС и с ШПС и мощности передатчиков при одинаковой вероятности ошибок [4]. Эти свойства ШПС и обработка их согласованным фильтром положены в основу работы первой ступени обработки сигнала в перспективной станции тропосферной связи для повышения ее энергетической эффективности.

Во второй ступени обработка сигнала производится по алгоритму Витерби. Обработка сигналов по этому алгоритму широко используется во многих системах связи, в том числе и для станций тропосферной связи. Однако обработка ШПС с последующей их обработкой по алгоритму Витерби в литературе отсутствует.

Для проверки такой возможности был создан лабораторный макет, в котором использовались два идентичных модема спутниковой связи, которые при скорости информационного потока 2,048 Мбит/с, имели измеренные в лаборатории параметры, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Относительная скорость кодирования, R	1/2	3/4	7/8
Отношение сигнал/ шум, дБ, для вероятности ошибки, P _{ош} : 10 ⁻³	4,1	5,0	6,3
10 ⁻⁴	4,5	5,8	7,1
10 ⁻⁵	5,2	6,6	7,8
10 ⁻⁶	5,9	7,3	8,5

Суть эксперимента заключалась в следующем.

На информационный вход модема, который выполнял роль передатчика, поступал поток E1 со скоростью 2,048 Мбит/с. После кодирования по алгоритму Витерби полученный цифровой поток преобразовывался в двухпозиционный код с последующим кодированием по правилу Хаффмена. Длина кода была выбрана 8. После фазовой манипуляции (ФМн) на промежуточной частоте 70 МГц, полученный ШПС с базой 8 поступал в имитатор канала связи, в котором имитировалась многолучевость и замирания как медленные, так и быстрые. Кроме этого в канал связи подавался регулируемый уровень шума. После обработки ШПС согласованным фильтром полученная цифровая последовательность подавалась на вход второго модема для декодирования по алгоритму Витерби.

Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

Относительная скорость кодирования, R	1/2	3/4	7/8
Отношение сигнал/ шум, дБ, для вероятности ошибки, P _{ош} : 10 ⁻³	2,1	3,1	4,4
10 ⁻⁴	2,5	3,9	5,1
10 ⁻⁵	3,3	4,8	5,8
10 ⁻⁶	4,1	5,5	6,9

По полученным отношениям сигнал/шум были проведены расчеты линии тропосферной связи которые показали, что использование широкополосного сигнала и оптимальной обработкой его согласованным фильтром на радиочастоте с последующей обработкой по алгоритму Витерби, дают возможность создать станцию тропосферной связи со следующими параметрами:

- рабочий диапазон волн – сантиметровый;
- скорость информационного обмена – до 8 Мбит/с на интервалах связи 100 – 300 км при общей протяженности линий до 1000 – 2000 км при вероятности ошибки не более 10⁻⁴ и 95% времени при средней длине интервала 150 км;
- коэффициент усиления приемно-передающей антенны, не менее – 32 дБ;
- мощность передатчика на интервал связи, не более – 200 Вт;
- коэффициент шума приемного устройства, не хуже – 2,4 дБ;
- ширина спектра сигнала, не более 20 МГц.

Литература: 1. Витерби А. Д., Омура Дж. К. Принципы цифровой связи и кодирования. М.: «Радио и связь», 1982. - 538 с. 2. Шеннон К. Математическая теория связи. СБ. Работы по теории информации и кибернетике./Пер. с англ. под ред. Н. А. Железнова. – М.: ИЛ, 1963. – 829с. 3. Л. Е. Варакин. Теория систем сигналов М.: «Радио и связь», 1978. - 303 с. 4. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации под ред. В. Б. Пестрякова – М.: «Радио и связь», 1973. – 424 с.

УДК.621.791

ТЕХНИКА АКТИВНОЙ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ В УКРАИНЕ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Игорь Порошин, Михаил Прокофьев, Владимир Дворский
НИЦ "ТЕЗИС" НТУУ "КПИ"*

Анотація: Наводиться аналіз стану споживчого ринку України в частині апаратури сучасних комплексів активної віброакустичного захисту мовної інформації. Дано порівняльний аналіз їх основних технічних характеристик і виконуваних функцій.