

характеристик объектов телекоммуникаций при априорной неопределенности: монографія / Креденцер Б. П., Могилевич Д. И. Миночкин А. И. – К.: Феникс, 2012. – 332 с.

Андрей Демаш, Андрей Паламарчук, Сергей Усенко, Алексей Юдин, Сергей Мазор*
ГосНИИ Спецсвязи, *ИССЗИ НТУУ «КПІ»

УДК 621.396.4

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКЕТА ПРИЕМНОГО МОДУЛЯ СТАНЦИИ ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Аннотация: Излагаются в сжатом виде результаты натурных исследований макета приемного модуля станции тропосферной связи. Исследования проводились для определения минимально необходимой базы многопозиционных шумоподобных сигналов и возможности последующей их обработки с использованием алгоритмов Витерби при создании станций тропосферной связи нового поколения.

Summary: The compressed results of the field research station receiver module layout tropospheric communication. Studies were conducted to determine the required minimum base multiposition noise-like signals and the possibility of subsequent processing using the Viterbi algorithm when creating stations tropospheric new generation communication.

Ключевые слова: Шумоподобные сигналы, энергия сигнала, спектральная плотность мощности шума, тропосферная связь.

I Цель исследований

Целью натурных исследований является измерение отношения энергии сигнала к спектральной плотности мощности шума h^2 . Проведение данного измерения необходимо для определения энергетической эффективности сигнала при использовании составных многопозиционных шумоподобных сигналов (СМПШПС), а также для проверки возможности использования модемов спутниковой связи, работающих со сверточным кодированием по алгоритму Витерби с перемежением как составной части модема обработки СМПШПС в станции тропосферной связи нового поколения [1].

Результаты измерений h^2 необходимы для уточнения расчета радиолинии при оптимизации полосы частот и определения базы СМПШПС. Предварительные исследования h^2 , проведенные в лабораторных условиях, обладают научной и технической новизной. В тоже время, для дополнительного подтверждения полученных результатов они требовали проведения натурных исследований.

Из технических решений, примененных во время исследований и ранее не используемых в станциях такого типа, можно выделить следующие:

- многоступенчатая обработка сигналов;
- многопозиционное кодирование;
- использование широкополосных сигналов (ШПС), имеющих значительную базу и их когерентную обработку в целом на радиочастоте.

Предложенные решения теоретически дают существенный энергетический выигрыш по сравнению с широко известными принципами обработки сигналов, используемыми в станциях тропосферной связи, например в таких, как Р-423-1.

II Техническое обеспечение проведения натурных исследований

2.1 Исследования проводились на радиолинии со следующими техническими характеристиками:

- диапазон частот, ГГц: 4,4 - 4,7;
- скорость передачи информации, Кбит/с: 2048;
- эффективная изотропно излучаемая мощность используемой станции тропосферной связи, дБВт: 70;
- протяжённость трассы, км: 207;
- угол места, град: 0;
- температура воздуха, °С: минус 5;
- относительная влажность, %: 97;
- атмосферное давление, мм.рт.ст.: 748.

Передача и приём проводились в одной и той же полосе частот.

2.2 Для технического обеспечения проведения натурных исследований использовались:

- в качестве передатчика - штатная аппаратура станции тропосферной связи Р-423-1;
- в качестве приемника - макет приемного модуля.

Состав приемника и передатчика, задействованных для исследований:

а) Передатчик:

1. Станция Р-423 в составе:
 - антенно-фидерное устройство;
 - стойка Д-55М;
 - блок Д-55-04;

2. Модем спутниковой связи;

б) Макет приемного модуля:

1. Антенна диаметром 150 см, с устройством ориентирования;
2. Малошумящий приемник – конвертор, работающий в диапазоне частота 4,4 - 4,7 ГГц;
3. Атенюатор;
4. Модем спутниковой связи;
5. Анализатор спектра.

Схема подключения оборудования для проведения натуральных исследований приведена на рис. 1

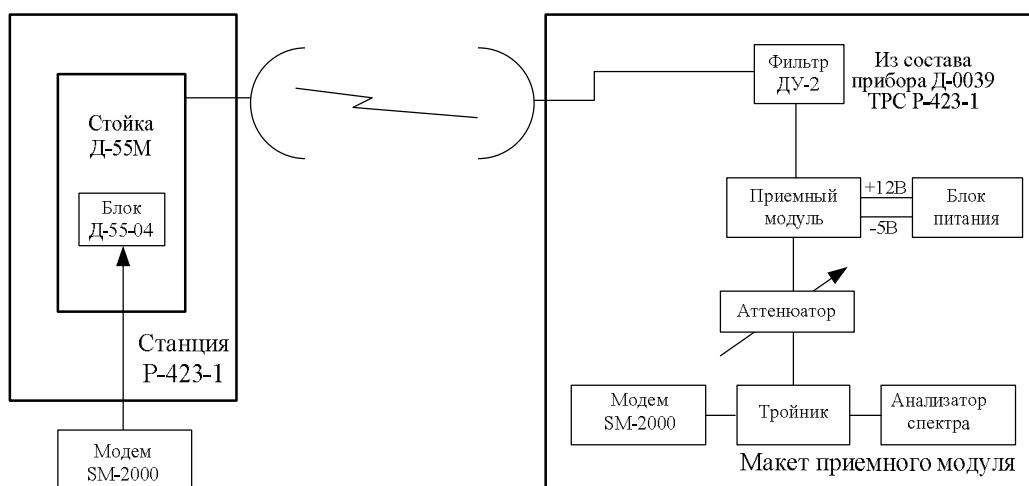


Рисунок 1 – Схема подключения оборудования для проведения натуральных исследований

При проведении исследований использовались два идентичных модема спутниковой связи, которые при скорости информационного потока 2048 Кбит/с имели измеренные в лаборатории параметры, приведенные в табл. 1.

Измерения проводились в канале с постоянными параметрами.

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

2.3 Особенности макета приемного модуля, а именно применение антенны приемного модуля и малошумящего СВЧ приемника – конвертора, изложены ниже.

Для макета приемного модуля была разработана и изготовлена параболическая антенна диапазона 4,4...4,7 ГГц. В качестве основного зеркала использован доработанный параболоид диаметром 150 см от радиорелейной станции Р-414, а также был специально разработан и изготовлен облучатель линейной поляризации. Общий вид облучателя приведен на рис. 2.



Рисунок 2 – Облучатель линейной поляризации

Облучатель вместе с основным зеркалом образуют двухзеркальную антенну с эллиптическим малым зеркалом (АДЭ) (рис. 3). Указанный облучатель представляет собой переходник с прямоугольного волновода размером $48 \times 24 \text{ мм}^2$ на круглый волновод диаметром 50 мм.



Рисунок 3 – Двухзеркальная антенна с эллиптическим малым зеркалом

Доработанный параболоид не имеет фокуса, а имеет фокальное кольцо, которое идеально подходит для крепления облучателя эллиптического малого зеркала АДЭ. Схема прохождения лучей в АДЭ представлена на рис. 4.

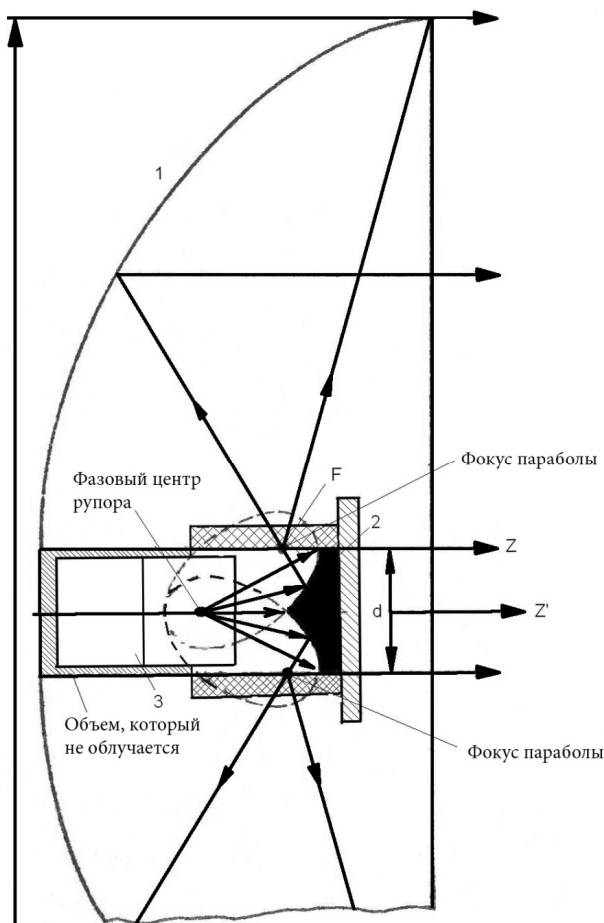


Рисунок 4 - Схема прохождения лучей в АДЭ

Роль малого эллиптического зеркала заключается в переизлучении падающей на него волны от облучателя сферической волны на большое зеркало. При этом, вследствие геометрических особенностей эллипса, отраженная малым зеркалом сферическая волна как бы выходит из одной точки – фокуса F (рис.4), совмещенного с фокусом большого зеркала. Эта волна, трансформируясь большим зеркалом в плоскую волну, излучается им так, как будто в его фокусе находится виртуальный излучатель, создающий сферическую волну. Такая конструкция обеспечивает, как видно на рис. 4, синфазное возбуждение раскрыва антенны и, в сравнении с обычными двухзеркальными антеннами, имеет следующие преимущества:

- сведено к минимуму «переливание» энергии за края зеркала при высокой равномерности ее амплитудного распределения в раскрыве;
- отсутствует реакция зеркала на облучатель, что исключает возврат лучей в рупор и устраняет нарушение согласования антенны;
- в сравнении с обычной двухзеркальной антенной имеет более высокий результирующий коэффициент использования поверхности (КИП), более 65%.
- крутые спады диаграммы направленности (ДН) обеспечивают высокую ее осевую симметрию и минимальный выток энергии за сектор излучения.

Разработанный макет АДЭ испытан в безэховой камере и имеет следующие параметры:

- диапазон рабочих частот, ГГц - 4,5...4,7;
- коэффициент стоячей волны (КСВ) - $\leq 1,15$;
- коэффициент усиления, дБ - 34;
- поляризация - линейная;
- угол диаграммы направленности, град - 2,5.

Маломощный СВЧ приемник - конвертор усиливает и преобразует сигнал СВЧ диапазона в сигнал промежуточной частоты и имеет следующие основные параметры:

- диапазон входных частот, МГц - 4495 ± 40 ;

- диапазон выходных частот, МГц - 140 ± 40 ;
- коэффициент шума не более, дБ - 1,2;
- коэффициент усиления не меньше, дБ - 70;
- неравномерность АЧХ в полосе рабочих частот не больше, дБ - $\pm 0,5$;
- уровень фазовых шумов гетеродинов при отстройке на 10 кГц, не больше, дБм/Гц - минус 83;
- выходная мощность в точке компрессии усиления 1дБ, не меньше, дБм - 5,0;
- КСВ входа, не более - 2,0;
- КСВ выхода, не более - 1,5.

Маломощный СВЧ приемник - конвертор обеспечивает нормальную работу при уровне входного сигнала до 1 мкВт. Превышение этого уровня не приводило к выходу его из строя.

III Описание исследований

Исследования проводились в два этапа:

- 1 этап – развёртывание станции Р-423-1 и макета приемного модуля;
- 2 этап – натурные испытания.

На первом этапе производились развёртывания и ориентирования станции Р-423-1 и макета приемного модуля в пунктах, протяжённость трассы между которыми составляла 207 км.

В процессе исследований между станцией и макетом устанавливалась односторонняя связь (от станции Р-423-1 к макету).

После проведения ориентирования станции Р-423-1, работающей в режиме «Несущая», и антенны приемного модуля, заключающегося в достижении максимального уровня сигнала на выходе приемного модуля, переходили к выполнению второго этапа. При проведении ориентирования, контроль и измерение уровня сигнала проводился анализатором спектра.

На втором этапе производились измерения вероятности ошибки приема тестового сигнала макетом приемного модуля при работе станции Р-423-1 на передачу.

Во время проведения второго этапа, на станции Р-423-1, выполнялись следующие операции.

1. От модема, на вход блока Д-55-04 стойки Д-55М, подавался сигнал промежуточной частоты, имеющий следующие параметры:

- уровень выходного сигнала, мВ - 250;
- частота выходного сигнала, МГц - 70;
- скорость передачи информации, Кбит/с - 2048;
- относительная скорость кодирования - 3/4;
- вид модуляции - BPSK;
- передача тестового сигнала.

2. После подсоединения выхода ПЧ приемного модуля ко входу ПЧ модема, проводились следующие установки:

- уровень входного сигнала, мВ - 200;
- частота входного сигнала, МГц - 140;
- скорость передачи информации, Кбит/с - 2048;
- относительная скорость кодирования - 3/4;
- вид модуляции - BPSK;
- передача тестового сигнала.

Передача тестового сигнала осуществлялась станцией Р-423-1, а прием этого сигнала и измерение вероятности ошибки приема осуществлялись приемным модулем. Измерения проводились при различных значениях отношения сигнал/шум на входе модема с помощью встроенной в него системы контроля.

Результаты измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ цикла	h^2 , дБ	Вероятность ошибки ($P_{\text{ош}}$)
1	12,4	$< 10^{-7}$
2	9,6	10^{-6}
3	8,6	$4 \cdot 10^{-5}$
4	7,8	10^{-4}
5	6,8	$4 \cdot 10^{-4}$
6	5,8	10^{-3}

Полученные результаты натурных испытаний практически совпадают с расчетными значениями,

приведенными в работах [2, 3] для кодированных сигналов, что подтверждает возможность использования современных модемов спутниковой связи как составной части для обработки сигналов в станциях тропосферной связи нового поколения.

Выводы

По полученным h^2 был проведен расчет линии тропосферной связи, который показал следующее. Использование ШПС в совокупности с оптимальной обработкой его согласованным фильтром на радиочастоте и последующая обработка полученного значения по алгоритму Витерби с перемежением дают возможность создать станцию тропосферной связи с такими параметрами:

- рабочий диапазон волн - сантиметровой;
- скорость информационного обмена - 2048 Кбит/с на интервале связи 200 км при вероятности ошибки не более 10^{-4} .

Указанные параметры могут быть реализованы при:

- мощности передатчика на интервале связи протяженностью не более 200 км, - 200-250 Вт;
- коэффициенте усиления приемно-передающих антенн, не менее - 36 дБ;
- коэффициенте шума приемного устройства, не хуже - 1,2 дБ;
- эквивалентной базе СМПШПС, не менее - 210.

Список использованной литературы: 1. Повышение энергетической эффективности станций тропосферной связи. Д. Вергелес, Г. Леоненко, А. Паламарчук, А. Юдин, ГосНИИ Спецсвязи, Сб. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні, 2013, вип. 1(25). 2. Серов В. В. Особенности распространения радиоволн в загоризонтных системах радиосвязи. – М.: Электросвязь, 2009, №1. 3. Серов В. В. Анализ характеристик адаптивной системы с выбором оптимальной частоты и кодированием // Радиотехника XXI век, 2009, № 9.

Алексей Юдин, Геннадий Леоненко, Сергей Гончар

ГосНИИ Спецсвязи

УДК 004.056.5

СТРУКТУРА МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, УЧИТЫВАЮЩАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: Дается описание структуры модели интеллектуальной электроэнергетической системы, которое позволяет сформировать требования по обеспечению кибербезопасности отдельных элементов Smart Grid.

Summary: In this paper describes the structure of model of intelligence power industry system which allow compose the requirements to providing of cybersecurity for the individual elements of Smart Grid.

Ключевые слова: Интеллектуальные электроэнергетические системы, кибербезопасность, Smart Grid.

Введение

Актуальность изучения проблематики обеспечения кибербезопасности интеллектуальных электроэнергетических систем связана с постоянно возрастающим количеством угроз в информационной сфере [1]. К этим угрозам можно отнести:

- увеличение количества хакерских групп, занимающих активную социальную позицию и пропагандирующих свою деятельность в средствах массовой информации;
- появление и развитие вредоносного программного обеспечения, поражающего промышленные автоматизированные системы управления;
- деятельность стран по созданию в структуре оборонных ведомств подразделений кибернетической защиты и другие.

Также не следует забывать о том, что объекты электроэнергетических систем, как правило, относятся к объектам критически важной инфраструктуры государства [2] и создаются на базе автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП).