

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Козелков С. В., кандидат технических наук, Пашков Д. П., Коваль И. Н.

Прежде всего определим и кратко охарактеризуем наиболее предпочтительные варианты и оптимальные (или квазиоптимальные) принципы построения сверхскоростных и/или широкополосных систем передачи информации по каналам СВЧ и КВЧ диапазонов, в которых используются спутники – ретрансляторы. Результаты исследования позволяют представить следующие рекомендации [1 – 6]:

а) тип канала – ретрансляционный (иногда и широкоэмиттерный) канал коллективного пользования с приоритетной, как правило, дисциплиной обслуживания и территориально разнесенным приемом на стационарные и/или подвижные (автомобильные, корабельные или самолетные) приемные терминалы, при этом использование информационной или решающей обратных связей практически нецелесообразно [2];

б) способ передачи – цифровой, с коммутацией и объединением пакетов сообщений [6];

в) тип космического аппарата – ретранслятора:

– высокоорбитальный или, предпочтительнее, геостационарный;

– многоцелевые и максимально тяжелые (для упрощения земных станций);

– с трехосной стабилизацией с точностью удержания $\leq 0,5^\circ$ (в перспективе до $0,1^\circ$) [2];

– с регенерацией цифрового сигнала и преобразованием вида модуляции (это обуславливает потерю прозрачности ретрансляционного канала к виду модуляции; избежать это возможно, если предусмотреть блокировку соответствующих блоков ретранслятора-регенератора [1]);

– с поствольным способом построения (один широкополосный канал на один отдельный ствол ретранслятора [2]);

г) метод ретрансляции – в реальном масштабе времени или, реже, задержанная ретрансляция с “запоминанием” информации на высокоскоростные цифровые магнитофоны или, в перспективе, на быстродействующие ОЗУ на цифровых магнитных дисках [2];

д) способ разделения каналов – частотное и, реже, временное разделение каналов (последнее связано с необходимостью запоминания и оперативного считывания достаточно больших объемов информации) [2];

е) метод доступа – многостанционный доступ с частотным (МДЧР) и/или временным (МДВР) разделением каналов – включая разновидность последнего: МДВР с коммутацией сигналов (МДВР - КС) с помощью многолучевой или сканирующей антенны (в случае с МДЧР целесообразно использовать принцип “один канал – одна несущая” [3]);

ж) вид передаваемого сигнала – ИКМ, дискретный, узкополосный (по отношению к несущей частоте с цифровой модуляцией обычно одно или двух (реже трех) параметров дискретного сигнала, с искусственной дисперсией спектра

сигналов на основе применения многоуровневых (троичных, квазитроичных или в форме сигналов вестевого отклика) сигналов [3];

Для высокоскоростных систем цифровой связи представляется целесообразным использовать квазикогерентные методы приема и обработки высокоскоростных информационных потоков, характеризующихся повышенной устойчивостью к влиянию флуктуаций, помех и изменений характеристик каналов передачи дискретных сообщений [6]. Для повышения энергии сигналов последние должны быть, безусловно, дискретными, а предпочтительным для высокоскоростной связи является прием этих сигналов методом стробирования, так как выигрыш в значении отношения сигнал-шум составляет (3 ... 6 дБ) [4].

Следует применять ретрансляторы с обработкой сигналов, обеспечивающие энергетический выигрыш порядка 5,6 дБ уже при однократной ретрансляции [6]. Однако необходимо учитывать, что современный уровень развития радиоэлементной базы СВЧ и КВЧ диапазонов волн и сверхбыстродействующей техники не позволяет, как правило, осуществить практическую реализацию ретрансляторов с обработкой дискретных сигналов для канальных (ствольных) скоростей передачи цифровой информации $R > 10^8$ бит/с [6]. Необходимо использовать методы помехоустойчивого кодирования и соответствующие коды, в первую очередь высокоскоростные ($R \geq 4/5 \div 8/9$) самоортогональные сверточные коды с минимальной избыточностью, допускающие сравнительно просто аппаратно реализуемое пороговое (мажоритарное) декодирование. Применение кодов указанного типа позволяет получить ЭВК порядка (2...3) дБ и более при сравнительно низких требованиях к качеству используемых каналов и минимальном уровне (и глубине) дополнительных МСИ. Кроме того не нужна блочная синхронизация, а также обеспечивается возможность безызыбыточного контроля циклового фазирования и достаточного оперативного контроля цифрового синхронизма.

При анализе специфики прохождения сверхширокополосных сигналов необходимо различать две основные группы задач:

- радиофизические;
- электродинамические.

Необходимость подобной классификации обусловлена прежде всего тем, что если исследования радиофизических аспектов прохождения сверхширокополосных сигналов имеет практический смысл лишь для линий связи с атмосферным участком, то вопрос электродинамики сверхширокополосных сигналов (как правило сверхкоротких импульсов) необходимо рассматривать во всех случаях, когда имеет место прием и передача этих сигналов с помощью антенных систем. В связи с этим ниже представлены две группы выводов, поставленных по полученным нами результатам изучения указанных выше классов задач.

Отметим, прежде всего, что атмосферные каналы связи имеют конечную частотную полосу пропускания, которая (в соответствии с известной моделью Колмогорова) достаточно быстро убывает при увеличении протяженности этого участка. Кроме того, существенной особенностью атмосферных каналов является значительное различие радиусов когерентности в вертикальном и горизонтальном

направлениях. Это обусловлено, прежде всего тем, что отражающие (аномальные) слои чередуются между собой в вертикальном направлении – обычно в нижних слоях, хотя встречаются и приподнятые (в основном – в период действия антициклонов) аномальные слои. Как правило, появление данных слоев наиболее вероятно в утренние часы, а, с прогреванием воздушных масс под воздействием прямых солнечных лучей, эти слои медленно поднимаются вверх и “рассасываются”. Поэтому состояние между вертикальным и горизонтальным радиусом когерентности не является постоянной величиной и зависит как от времени суток, так и от погодных и природных условий. Отметим также, что в силу определенных географических и геофизических особенностей полосовые свойства атмосферных каналов связи являются функцией взаимного местонахождения приемного и передающего пунктов и, в первую очередь, их широты. В целом, учет радиофизических особенностей прохождения широкополосных радиосигналов по атмосферным каналам (участкам каналов) должен сопровождаться оперативным прогнозом текущего состояния этого канала (участка канала) или, что проще (и удобнее в сложных условиях ... обстановки) влечет за собой введение определенных ограничений на характеристики (прежде всего геометрические) радиолиний. В частности, наземные пункты предпочтительнее размещать в высокоширотных (т.е. северных) и, особенно, в высокогорных районах. Последнее обусловлено тем, что нижние (наиболее плотные) слои атмосферы (до 3-5 км от поверхности Земли) вносят в основном вклад в частотно-селективные эффекты затухания СВЧ радиосигналов. Кроме того, для обеспечения высокой надежности каналов связи пункты приема широкополосных информационных потоков нецелесообразно размещать на плавсредствах, поскольку водная поверхность зачастую способствует возникновению наиболее ярко выраженного частотно-селективного эффекта – многолучевого распространения радиоволн. Многочисленные эксперименты показали (ATS – 5, ATS– 6, COMSTAR [2,5] и т.п.), что для высоконадежной передачи на Землю с космических аппаратов информационных потоков с широкой полосой, сравнимой или превышающей 1 ГГц следует исключить углы места меньше 15° , т.е. в значительной мере сократить активную продолжительность сеансов связи. Экспериментально показано также [4], что максимальная полоса космических (т.е. радиолиний класса “Космос – Земля”) каналов связи не превышает 2–2,5 ГГц и это значение в пределах сантиметрового и миллиметрового диапазонов волн слабо зависит от выбора несущей частоты [5]. Электродинамические особенности распространения сверхширокополосных сигналов связаны, прежде всего с тем, что практически все широкоиспользуемые характеристики антенных систем (диаграмма направленности, КПД, пространственная и поляризационная избирательность и т.п.) являются, по определению, монохроматическими.

В частности, при расширении полосы частот сигнала имеют место расширения главного лепестка монохроматической диаграммы направленности и, кроме того, теряется лепестковый ее характер. Таким образом с повышением скорости передачи сообщений происходит ухудшение характеристик пространственной и, прежде всего, поляризационной избирательности; увеличиваются энергетические затраты на входение и поддержание автосопровождения (например, при использовании мо-

ноимпульсного метода слежения). Сверхширокополосные антенны существенно специфичны по своему построению. Например, антенные решетки применимы практически лишь до полос сигнала $\leq (50 \div 100)$ ГГц. При более широкополосных сигналах необходимо использовать зеркальные антенны с рупорно-параболическими облучателями, расположенными в ближней зоне основного зеркала. В силу этого сканирование сверхширокополосными антеннами существенно затруднено. Имеется и целый ряд других особенностей построения и функционирования сверхширокополосных антенн спутников-ретрансляторов, которые необходимо учитывать при разработке и эксплуатации высокоскоростных систем передачи информации, обеспечивающих автономность функционирования данных объектов.

Литература

1. Связь на сверхвысоких частотах / Под ред. С. Енедзавы и Н. Танаха; Пер. с англ. Под ред. В.В.Маркова.- М.: Связь, 1967. – 615с.
2. Лившиц И.И., Рожков В.М., Рябов Б.А. Использование ИСЗ для связи в диапазоне миллиметровых волн // Зарубежная радиоэлектроника. - 1987.- №5.-С.41-49.
3. Крэснер Г.Н., Михаелс Дж.В. Введение в системы космической связи /пер. с англ. под ред. М.Г.Крошкина и В.В. Маркова.- М.:Связь.1967.-392с.
4. Козелков С.В. Вопросы повышения помехоустойчивости антенно-фидерных трактов РТС // Идентификация и моделирование наведения объектов в условиях энергомагнитного воздействия / АН УССР.- К., 1990, С.14.
5. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь / Пер с англ. под ред. В.В. Маркова.- М.: Связь, 1979.- 592с.
6. Козелков С.В. Исследование специфики СВЧ и КВЧ радиоканалов.- М.:1989,11с.-Деп. ЦНВТИ МО, вып.№ 7, № 3411,В 1119.