

CONNECT!

ТЕХНОЛОГИИ

# Земные станции спутниковой связи



**Владимир БОБКОВ,**  
технический директор  
ООО «МВСатком», кандидат  
технических наук

**Разрозненные публикации по тематике спутниковая связь, как правило, не дают целостного представления об одной из важнейших составляющих систем спутниковой связи – о земных станциях.**

**Н**астоящая статья является первой из цикла статей по земным станциям спутниковой связи, которые будут опубликованы в течение 2007 г. Чтобы охватить все вопросы, касающиеся оборудования земных станций, материал будет представлен несколькими статьями:

- Земные станции спутниковой связи;
- Антенно-фидерные системы земных станций;
- Современное оборудование земных станций – проблемы выбора и эксплуатации. Усилители мощности, преобразователи частоты, модемное оборудование и т. д. – классификация, типы, характеристики, производители;
- Специализированные земные станции (мобильные, измерительные, станции управления спутниками и др.).

## История и текущее положение

История создания земных станций спутниковой связи началась с появлением первых ИСЗ. В СССР

разработкой станций в целом и отдельных ее составляющих (компонентов, блоков, материалов и т. д.) занимались соответствующие организации с четким разделением функций между ними. Организации составляли определенную иерархию, с назначением головных институтов по созданию систем спутниковой связи и телевидения. Одни НИИ выполняли разработку систем связи, другие – земных станций, отдавая заказы на создание тех или иных компонентов в смежные институты. Как правило, существовало экспериментальное производство, на котором изготавливались экспериментальные и опытные образцы. Проводились испытания изделий и системы в целом, доработка конструкторской документации, отработка всех режимов работы и полный цикл испытаний. Затем конструкторская документация передавалась на профилирующий завод для серийного производства станций. Таким образом, четкая иерархия, грамотное разделение функций, наличие квалифицированного персонала, хорошее материально-техническое оснащение НИИ и заводов (лаборатории, измерительная техника, антенные полигоны и т.д.) и, несомненно, государственное финансирование проектов позволяли создавать и производить серийные земные станции и системы на высоком профессиональном и техническом уровне.

Ярким примером удачно реализованных гражданских проектов и создания высококачественных изделий следует считать построенную в 1967 г. систему распространения аналогового телевидения через спутник и земную

станцию «Орбита». Было выпущено более 150 земных станций «Орбита», имеющих антенну 12 м. Антенная система ТНА-57 с полноповоротным опорно-поворотным устройством, разработанная ОКБ МЭИ и модернизированная, до настоящего времени используется в сетях спутниковой связи в России и странах СНГ.

После распада СССР исчезла и описанная выше структура разработки и создания гражданских средств спутниковой связи (земных станций). НИИ работают в основном по военным заказам. Создание сетей и станций спутниковой связи гражданского назначения практически отдано на откуп «рынка». Это означает, что любая коммерческая организация, занимающаяся производством и поставкой сетей и ЗС, занимается их разработкой и изготовлением по собственным правилам и стандартам, в соответствии со своими представлениями о структуре ЗС, потребностях заказчиков и спутниковой связи в целом. С учетом того, что сегодня лишь единицы из мелких и средних фирм могут себе позволить иметь большой штат высококвалифицированных сотрудников – разработчиков ЗС, а также условий жесткой конкурентной борьбы, дефицита времени и финансовых средств на разработку, вполне логично, что на свет появляются ЗС, которые не способны составить конкуренцию таким крупным иностранным производителям, как HNS, ViaSat, Gilat.

## Определения ЗС

В соответствии с Регламентом радиосвязи «земная станция –

## Спонсор рубрики



Космическая связь

станция, расположенная либо на поверхности Земли, либо в основной части атмосферы Земли и предназначенная для связи:

- с одной или несколькими космическими станциями;
- с одной или несколькими подобными ей станциями с помощью одного или нескольких отражающих спутников либо других объектов в космосе».

ФГУП «Космическая связь» в Регламенте [2] дает следующее определение: «Земная станция – станция (приемная, передающая или приемно-передающая), размещенная на земной поверхности и предназначенная для обеспечения электросвязи с использованием одного или нескольких бортовых ретрансляторов КА».

### Классификация ЗС

Классы ЗС для С- и Ku-диапазонов устанавливаются в соответ-

ствии с измеренной величиной энергетической добротности: 4 класса для С-диапазона (С1...С4) и 3 класса для Ku-диапазона (К1...К3), работающих в диапазоне частот 6/4, 14/11 и 18/12 ГГц [2].

В отдельные классы выделены VSAT-станции С-диапазона (3 класса) и Ku-диапазона (3 класса). Характерными признаками, по которым ЗС могут быть отнесены к VSAT [2], являются:

- предназначение – прием и передача голоса, данных, факсимильных и других сообщений в соответствии с техническими условиями производителя ЗС;
- постоянный автоматический или автоматизированный централи-

### Мнение специалиста



**Александр АНУФРИЕВ**,  
заместитель генерального  
директора ООО «НПО  
СвязьПроект»

Классификация земных станций спутниковой связи только по величине энергетической добротности и по размеру антенны не позволяет дать читателям полного представления о том разнообразии типов ЗССС, которые присутствуют сегодня на рынке. В статье идет разговор почему-то только о станциях VSAT-класса. При этом основным критерием, по которому земная станция может быть отнесена к VSAT, является только размер антенны. И здесь совсем не лишним будет вспомнить, как расшифровывается аббревиатура VSAT. А расшифровывается она совершенно однозначно – Very Small Aperture Terminal, что означает станция (терминал) с малым диаметром раскрытия (апертурой) антенны. И здесь никаких других толкований быть не может. Изначально VSAT называли станции с диаметром антенны не более 1,2 м. В этом-то и была основная идея создания таких станций.

Классифицировать станции по потребительским свойствам довольно затруднительно и неправильно. Тем более, что такой параметр как «диапазон частот» к потребительским свойствам никак не отнести, в отличие от размера и массы абонентского терминала. Станции можно классифицировать по функциональным назначениям и характеристикам.

Говорить о том, что антенная система (АС) только «преобразует электромагнитные волны в электрические токи и напряжения и обратно», значит очень сильно недооценивать значение АС для ЗССС. В то же время в статье перечисляются параметры, по которым осуществляется допуск станции к космическому сегменту. Из 9 указанных параметров в формировании 7 из них участвует АС.



..... ТЕЛЕПОРТ ООО «Русат» .....

Москва, ул. Д. Бедного, 24

..... УСЛУГИ .....

**Трансляции сигнала  
для спутникового телевидения.**

- Мобильные спутниковые репортажные комплексы
- Сдача каналов связи в аренду
- Телематические услуги
- Спутниковая широкополосная сеть связи (системы Link Way и Link Star)
- Точки присутствия на ММТС 9 и ММТС 10

ООО «Русат»

123308, Москва, ул. Демьяна Бедного, д. 24

Тел. (495) 933-16-14; факс (495) 933-16-25

E-mail: rusat@rusat.com

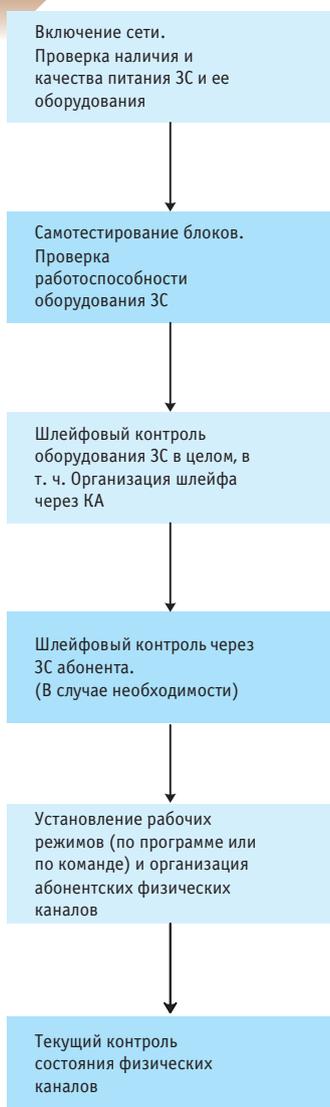
www.rusat.com



CONNECT!

ТЕХНОЛОГИИ

**Рис. 1.**  
Основные этапы  
организации  
физических  
каналов ЗС



зованный контроль и управление со стороны центральной станции сети;

- как правило, являются необслуживаемыми (при необходимости допускается наличие обслуживающего персонала);
- устанавливаются, как правило, непосредственно у пользователей услуг, и плотность их размещения на ограниченной территории может быть весьма высокой;
- принадлежат к выделенным типам сетей и предназначены либо для информационного вещания (только приемные VSAT), либо

для информационного обмена (приемопередающие VSAT);

- имеют диаметр антенны, не превышающий 3,8 м для диапазонов 6/4 и 14/11 ГГц.

Отметим, что вопрос о названии VSAT имеет давнюю историю и трактуется многими по-разному. Мы не будем делать акцент на термине VSAT, так как при рассмотрении структуры ЗС очевидно, что, кроме названия, данный класс станций технически ничем не отличается от других – тот же состав, те же функции.

С точки зрения функциональной схемы все ЗС указанных классов одинаковы, поэтому для заказчика наиболее важной является классификация станций, отражающая в первую очередь потребительские свойства ЗС:

- принадлежность к типу СССРВ;
- диапазон частот;
- режим работы – симплексный (передача сообщений в одном направлении), дуплексный (одновременный прием и передача), полудуплексный (последовательный прием и передача);
- тип передаваемой информации – телефония, Интернет, ТВ и др. Определяется входящей в состав ЗС каналобразующей аппаратурой (КОА);
- пропускная способность;
- обслуживаемость – обслуживаемые, автоматизированные, необслуживаемые.

## Назначение ЗС

Рассматривая обобщенную схему канала связи, можно сформулировать основные задачи, решаемые ЗС, как составной части этого канала:

- получение информации (сообщения) от источника сообщений;
- преобразование сообщения в сигналы, являющиеся переносчиками информации;
- линейная операция с сформированными сигналами для представления его в виде, удобном для передачи и приема через ИСЗ.

Основное функциональное назначение ЗС – организация и поддержание физического канала

связи в соответствии с заданными параметрами. Структура основной функции ЗС, соответственно, распадается на следующие независимые этапы (функции) – рис. 1.

Три важных замечания:

- основной признак этапа – полностью выполненная функция с однозначным конечным результатом;
- отрицательный результат при выполнении работы текущего этапа автоматически возвращает процесс организации каналов на предыдущий этап;
- каждому из указанных этапов соответствует собственный независимо организуемый модуль программного обеспечения (ПО).

Каждый из указанных этапов имеет собственную структуру (алгоритм) взаимно-независимых функций, отличающихся тем же свойством – полностью выполненной работы с однозначным результатом. Поэтому все отмеченные выше свойства для основных этапов организации физических каналов в полной мере относятся к алгоритмам составляющих их взаимно-независимых функций.

Представленная структура обладает свойством «открытости», т. е. способностью модернизировать и наращивать ЗС как аппаратно, так и программно, в том числе в процессе эксплуатации, обеспечивая при этом совместимость и преемственность со старым парком оборудования.

Разработка функциональных модулей программного обеспечения, поскольку они отображают логически-независимые функции с полностью законченным результатом работы, может вестись для каждого модуля независимо (при обеспечении стандартизованного интерфейса между этими модулями). Это позволяет определить соответствующие этапы и разработать программу создания ПО ЗС.

Приведенная структура «каноническая», т. е. справедлива для всех ЗС – от VSAT до телепортов – независимо от объема оборудования. Отсюда следует, что и ПО этой структуры «каноническое».

## Основные характеристики ЗС

Для допуска к спутниковому ресурсу ЗС должна обеспечить выполнение обязательных требований по следующим параметрам:

- энергетическая добротность  $G/T$ ;
- уровни боковых лепестков ДН антенны на прием и передачу;
- кросс-поляризационная развязка антенны на прием и передачу;
- ЭИИМ;
- неточность поддержания ЭИИМ;
- уровень продуктов интермодуляции передатчика;
- уровень побочных излучений;
- внеполосные излучения;
- отклонение частоты сигнала.

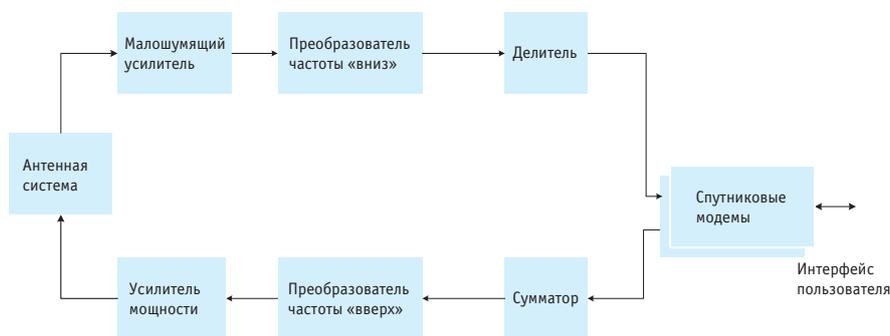
Одна часть параметров нормируется для совместимости с другими системами связи, другая определяет потребительские свойства ЗС. К последней группе относятся параметры ЭИИМ и  $G/T$ , которыми совместно с экономическими показателями оперируют при проектировании СССВ. Именно они определяют пропускную способность ЗС, что, в конечном счете, и интересует пользователя.

Добротность станции на прием достигает 42 дБ/К для самых больших используемых антенн (диаметром 32 м) и 15...32 дБ/К для ЗС многих национальных и ведомственных систем, в том числе на базе технологии VSAT. Показатель ЭИИМ обычно составляет 45...90 дБВт. Если говорить о ЗС С-диапазона, то значения ЭИИМ, имеющие практическую ценность, находятся в пределах 38...83 дБВт [1].

Основным параметром радиолинии является заданная вероятность ошибки на бит информации РОШ. Аппаратная реализация демодуляторов и декодеров определяет соответствующую требуемую величину  $E_b/N_0$ . Отношение  $E_b/N_0$  на входе демодулятора формируется на выходе антенной системы, приемный тракт ЗС вносит дополнительные шумы (Кш).

Для ЗС, работающих в системах с поляризационным уплотнением, на первый план выходят [4]:

- коэффициент эллиптичности антенны КЭ на прием и передачу;



- пространственная ориентация эллипса поляризации антенны.

## Структурная схема

На рис. 2 приведена упрощенная структурная схема типовой земной станции.

Станция содержит приемопередающую антенну, приемный тракт, включающий малошумящий усилитель, преобразователи частоты «вниз» и приемную часть модема (демодулятор), тракт передачи в составе модулятора, преобразователя частоты «вверх», усилителя мощности. Кроме того, в ЗС входят системы наведения, контроля и управления и дополнительное оборудование.

## Функции основных элементов ЗС

Антенная система – преобразование электромагнитных волн в электрические токи и напряжения и обратное.

Малошумящее входное устройство – прием и выделение слабого полезного сигнала на фоне помех (шума), т.е. формирование отношения сигнал/шум.

Усилитель мощности – усиление полезного радиосигнала до требуемого уровня мощности.

Преобразователь частоты – перенос спектра радиосигнала из одной частотной области в другую.

Модем (модулятор/демодулятор) – преобразование цифрового сигнала, поступающего от оконечной аппаратуры пользователя (мультиплексоров, аппаратуры передачи данных и т. д.) в моду-

лированный радиосигнал на промежуточной частоте (ПЧ) и обратное преобразование.

Дополнительное оборудование многообразно (ИБП, делители/сумматоры, направленные ответвители и т. д.) и выполняет различные функции.

Конструктивно элементы станции могут быть объединены. Так, трансивер – это объединенные в один конструктивный элемент преобразователи частоты «вверх» и «вниз», а иногда и МШУ и усилитель мощности. Широко применяемый в настоящее время блок ВУС (Block Up Converter) является конструктивным объединением преобразователя частоты «вверх» и усилителя мощности.

Отметим, однако, что никакое конструктивное объединение не исключает приведенное распределение по основным функциональным блокам и ни одну из перечисленных функций, выполняемых элементами ЗС. ■

**Рис. 2.** Упрощенная структурная схема типовой земной станции.

## Литература

1. Бобков В. Ю. и др. Выбор оптимальных параметров земных станций при проектировании спутниковых линий связи // Connect! 2004. № 3. С. 62 – 64.
2. Модуль 41. Технические требования к земным станциям для работы в сетях спутников «Горизонт», «Экспресс-А», «Экспресс-АМ», «Бонум-1», «Eutelsat W4». ФГУП «Космическая связь». www.rssc.ru.
3. ОСТ 45.123-99 Станции земные фиксированной спутниковой службы. Технические требования к составным частям станций.
4. Бобков В. Ю. и др. Оценка требований по кроссполаризационным характеристикам антенн земных станций спутниковой связи // Connect! 2004. № 2. С. 50 – 54.