

СИСТЕМЫ VSAT NEXSTAR В СЕТЯХ РОССИЙСКИХ ОПЕРАТОРОВ

Земные станции на базе аппаратуры NEXSTAR BOD-AA/TDMA – одни из самых распространенных систем спутниковой связи в России

Сегодня системы на базе NEXSTAR BOD-AA/TDMA фирмы NEC (Япония) работают в сетях Центрального банка России, «Восток-телекома», ОАО «Газком», ФГУП «Космическая связь». Их общее количество в сетях (1500) превышает число всех остальных вместе взятых. Эти системы используются для предоставления не только одного вида услуг, но и интегральных, например передачи данных и телефонии. Столь широкое распространение сети на базе системы NEXSTAR получили по ряду причин, важнейшими из которых являются комплексность решения и надежность оборудования.

Владимир БОБКОВ

Михаил ФИМОВ

Александр КИСЕЛЕВ

● Краткие характеристики системы NEXSTAR

NEXSTAR BOD – продукт компании NEC (Япония), обеспечивающий построение выделенных и интегрированных сетей связи по схеме «звезда» или «каждый с каждым» (DAMA) в режиме один канал на несущую (ОКН) и организацию голосовых, факсимильных каналов, каналов передачи асинхронных данных, а также каналов передачи

синхронных данных с различной (от низкой до высокой) скоростью обмена.

BOD – это аббревиатура от английского Bandwidth on Demand – «предоставление частот по требованию». Система BOD позволяет эффективно управлять спутниковыми каналами DAMA всех перечисленных применений с находящегося на центральной станции управления сетью (ЦСУС) и полностью резервируемого первичного DAMA-контроллера (ПДК).

NEXSTAR BOD поддерживает динамичные соединения в режиме DAMA, соединения в режиме DAMA по расписанию из системы управления сетью и соединения в режиме РАМА (закрепленный канал), будь то голос, факсимильное сообщение или данные.

В настоящее время система NEXSTAR продолжает развиваться в направлении создания дешевого терминального оборудования для организации одного направления связи (изделие BOD ONE) и объединения в одном терминале оборудования спутниковой связи и IP маршрутизатора (изделие BOD Router).

● Земные станции на базе NEXSTAR BOD-AA/TDMA

На базе оборудования NEXSTAR BOD-AA/TDMA в России построено несколько сетей земных станций, адаптированных под задачи конкретной корпоративной сети: ФГУП «Космическая связь», ОАО «Газком», КРОСНА, «Ростелеком», ФГУП «Северный воздушный мост», ООО «Эквант», ООО «Крок».

Основное их отличие друг от друга заключается в комплектации 3С антенными постами, организации систем наведения, конструктивном исполнении и сопроводительной эксплуатационной документации.

Объединяющим фактором этих сетей является очень высокая надежность работы оборудования NEC, подтвержденная в процессе эксплуатации (наработка на отказ блоков – более 200 тыс. часов), в том числе в условиях Крайнего Севера с рабочей температурой ниже минус 60°С.

● Особенности применения оборудования NEC в российских условиях

Приведем блок-схему 3С VSAT с доработками и установкой дополнительных элементов, обеспечивающих применение 3С VSAT на базе оборудования NEXSTAR BOD-AA/TDMA в российских сетях спутниковой связи (рис. 1).

Относительно большая нестабильность удержания КА в точке стояния, особенно старых, типа «Горизонт», требует наличия в составе 3С системы автосопровождения. Возникает вопрос стыковки оборудования NEXSTAR с системами автосопровождения различных производителей.

Таблица 1

Параметры	Значение	
	Фильтр типа ПФ1135	Фильтр-дуплексер типа ПФД1135
Рабочие частотные диапазоны, МГц		
прием	1135+/-18	1135+/-18
передача	-	180+/-20
опорный сигнал на ODE	-	10
контроль и управление ODE, МГц	-	3,5-3,7; 26,88
Электропитание ODE	-	Постоянный ток
КСВН входа/выхода, дБ, не более	1,5	1,8
Сопротивление, Ом	75	50
Вносимые потери в полосе пропускания, дБ, не более	1	5
Неравномерность в полосе пропускания, дБ, не более	±1	±1,5
Подавление в полосе 635...1103 МГц и 1167...1635 МГц, дБ, не менее,	20	20
Величина тока при напряжении 12 В, А, не более	-	10
Сопротивление между центральными проводниками входного и выходного разъемов, Ом, не более	-	0,1
Тип входных/выходных разъемов	F, розетка	N, розетка
Изготовитель	ООО «Лазурит», г. Москва	ООО «Лазурит», г. Москва

Один из вариантов стыковки с блоком управления системой наведения (БУ СНА), входящим в состав антенн производства НПО ПМ, показан на рис. 1. Для наведения используется сигнал L-диапазона, присутствующий на выходе TV OUT внутреннего блока IDU, с которого возможен также прием ТВ сигнала. Далее в цепь включается полосовой ствольный фильтр типа ПФ1135 [1] с полосой пропускания 1135 ± 20 МГц для исключения влияния на работу тракта наведения соседних стволов ретранслятора. Характеристики фильтра приведены в табл. 1.

При наличии помех от радиорелейных линий, работающих в том же частотном диапазоне, что и спутниковые ЗС (это особенно актуально в С-диапазоне, широко распространенном в России), требуется дополнительная фильтрация. Это может быть реализовано установкой в тракте ПЧ L-диапазона дополнительно фильтра-дуплекса ПФД1135 [2] (рис. 1). ПФД1135 имеет достаточно сложную структуру, так как он должен обеспечивать и передачу на внешнее оборудование (ODE) сигналов опорной частоты 10 МГц, сигналов управления и постоянного тока. Характеристики фильтра приведены в табл. 1.

Недостаточная мощность действующих российских КА не позволяет реализовать весь потенциал станций, построенных на базе оборудования VSAT NEXSTAR. Для решения этой проблемы предлагается установка дополнительных усилителей мощности — бустеров, в том числе отечественного производства, и обеспечивается сопряжение с действующим оборудованием NEC.

Один из вариантов стыковки ODU 5 Вт с внешним усилителем (бустером) производства ООО «РАДИС Лтд.» показан на рис. 1. Краткие технические характеристики усилителя мощности приведены в табл. 2 [3].

● **Ограничения при использовании VSAT-станций в режиме со многими несущими**

При проектировании ЗС методом комплексирования оборудования с использованием стандартного радиочастотного оборудования вопросы согласования конфигурации ЗС сети и пропускной способности каждой ЗС у проектировщиков, как правило, не возникают вследствие

гарантированно завышенного диапазона регулировки выходной мощности устройств (не менее 20 дБ для модемного оборудования и трансиверов). Суммарный диапазон — около 40 дБ позволяет применять практически любые сочетания антенных систем в составе ЗС.

Как уже отмечалось, оборудование NEC выпускается в двух вариантах — с выходной мощностью 3,3 Вт и 20 Вт внешнего блока ODU. Регулировка выходной мощности осуществляется в пределах 0...-14 дБ. Максимальные и минимальные значения выходной мощности ODU жестко установлены на SNMS и приведены в табл. 3.

Наличие пределов по минимальной и максимальной выходной мощности на канал, при выходе за рамки которых система перестает работать, накладывает ограничения на реализуемую пропускную способность ЗС.

Первое ограничение «снизу» — минимальная устанавливаемая (и излучаемая) мощность на выходе передатчика (табл. 4).

Второе ограничение «сверху» определяется линейностью выходного усилителя и со-

Рис. 1. Блок-схема ЗС на базе оборудования NEXSTAR BOD с доработками

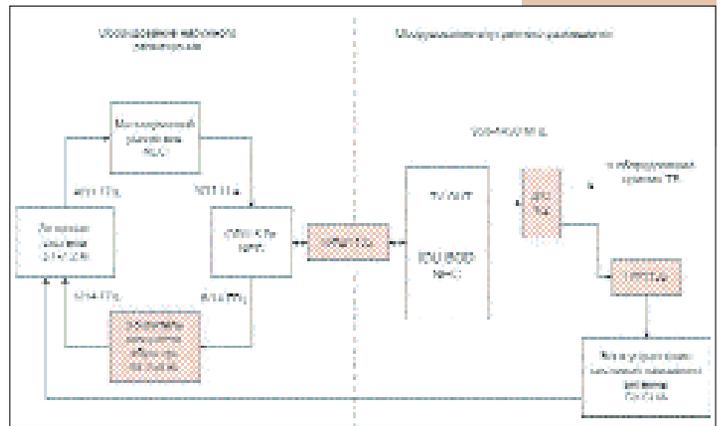


Таблица 2

Параметры	Значение
Частотный диапазон, МГц	5725-6525
Номинальная выходная мощность при уменьшении коэффициента усиления на 1 дБ, Вт, не менее	40,0
Выходная мощность в линейном режиме при ИМ составляющих третьего порядка не более минус 28 дБ, Вт, не менее	20,0
Коэффициент усиления по мощности в рабочем диапазоне частот, дБ, не менее	13,0
Неравномерность коэффициента усиления по мощности в рабочем диапазоне частот, дБ, не более	2,0
Изменение коэффициента усиления по мощности в рабочем диапазоне температур, дБ, не более	2,0
Уровень паразитных составляющих в спектре выходного сигнала в диапазоне рабочих частот, дБ, не более	-60,0
КСВН входа/выхода, не более	1,35
Амплитудно-фазовая конверсия при выходной мощности на 3 дБ ниже номинальной, град./дБ	1,0
Мощность, потребляемая от сети 220 В 50 Гц, ВА, не более	260
Срок службы изделия, лет, не менее	11
Изготовитель	ООО «РАДИС ЛТд», г. Зеленоград

Таблица 3

Тип ODU	3,3 Вт	20 Вт
Минимальная мощность, дБ·м (Вт)	21,3 (0,135)	29,0 (0,8)
Максимальная мощность, дБ·м (Вт)	35,3 (3,39)	43,0 (20,0)

ставляет по уровню -3 дБ от точки компрессии 1 дБ, около 1,7 Вт для ODU 3.3 Вт и 10 Вт для ODU 20 Вт.

В общем виде формула для вычисления диаметра АС станции в зависимости от требуемой ЭИИМЗС может быть представлена как:

$$D_{АНТ} = 10 \frac{(40,1 + 10 \lg N - P_{\text{вых}})}{20}, \quad (1)$$

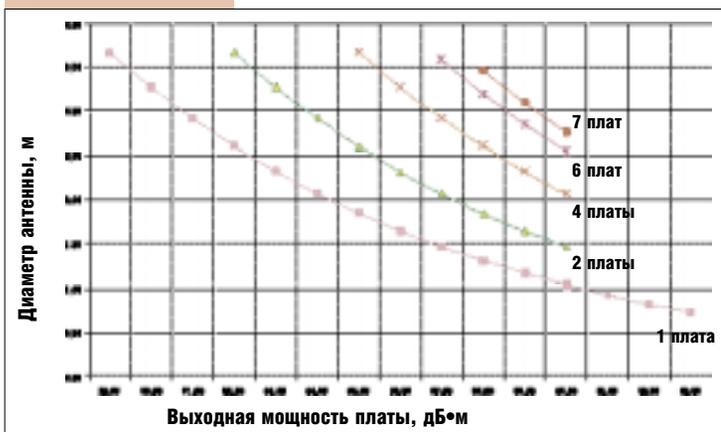
где N = 1...15 – количество направлений связи (плат), обеспечиваемых ЗС;

P_{вых} – выходная мощность, устанавливаемая для каждой платы в соответствии с табл. 1.

В расчетах принято, что КИП антенны составляет 0,5.

Для примера приведены результаты расчета радиолинии со следующими исходными данными, являющимися типовыми для сетей VSAT на базе NEXTAR, построенных в России:

Рис. 2. Зависимость диаметра антенны от выходной мощности ЗС для разного числа направлений связи



передающая ЗС – 3,7 м (VSAT);
 приемная ЗС – 5,0 м (ЗС телепорта);
 скорость в канале связи – 128 кбит/с, вид модуляции – QPSK, 7/8, пороговое отношение E_b/N₀ = 8/2 дБ.

Для определенности в расчетах принято:

тип КА – «Ямал-100», коэффициент усиления ствола K_у = 115 дБ;

КИП антенны – 0,5;

парциальная мощность – 0,7–0,8 Вт, ЭИИМ_{3,7м} = 42,5 дБ·Вт, при этом учтены запасы на погодные условия 2–3 дБ.

Применение АС диаметра, превышающего 3,7 м, не рекомендуется из-за увеличения ЭИИМ ЗС и соответственно парциальной мощности передатчика РТР относительно занимаемой полосы частот, а также стоимости аренды частотно-энергетического ресурса РТР или его недоиспользования по пропускной способности.

Исходя из указанных ограничений по формуле (1) рассчитаны возможные диапазоны изменения конфигурации ЗС – диаметра антенны от требуемой выходной мощности на платах IDU – для разного числа обеспечиваемых направлений связи N (рис. 2). Графики показывают пределы возможности выбора диаметров (в общем случае характеристик) антенных систем при проектировании сети.

Полученные результаты позволяют сделать несколько важных практических выводов, которые необходимо учитывать при построении сетей спутниковой связи на базе оборудования NEXTAR:

1) построение земных станций по технологии VSAT с максимальной пропускной способностью (до 15 направлений связи) в сетях должно быть ограниченным и осуществляться по технологии узловых (мини-Hub) и Hub-станций;

2) с увеличением канальной емкости (направлений связи) земных станций диапазон используемых в сети антенн уменьшается и к 11–13 направлениям сводится к единичным значениям. Это означает, что при проектировании сети энергетический расчет радиолиний должен быть выполнен с достаточно высокой точностью и подтвержден экспериментально. В противном случае либо превышает уровень спектральной плотности мощности на борту (превышение излучаемой мощности над выделенной полосой), либо не реализуется требуемая пропускная способность ЗС;

3) снижение информационной скорости в канале в процессе эксплуатации системы на ЗС, рассчитанной под максимальное количество направлений связи, может привести к превышению спектральной плотности мощности и недоиспользованию частотного ресурса;

4) при различных информационных скоростях на разных направлениях связи (крайние значения скоростей 64 и 2048 кбит/с) из-за ограничения спектральной плотности мощности расчет конфигурации ЗС (характеристик антенны) должен производиться по каналу с наименьшей скоростью. ◀

Литература

1. Фильтр ПФ1135. Паспорт БЕСИ.468854.005 ПС, ООО «САП Лазурит», 1998.
2. Фильтр ПФД1135-1. Паспорт БЕСИ.468854.006 ПС, ООО «САП «Лазурит», 1999.
3. Усилитель УМ 5765-40/13. Паспорт ЖНКВ.468714.105 ПС. ООО «Радис ЛТд.», 2000.