

CONNECT!

бизнес-практикум



Владимир БОБКОВ,
технический директор
ООО «МВСатком», к. т. н.

Современное оборудование земных станций. Проблемы выбора и эксплуатации

В настоящей статье кратко затронуты вопросы оборудования земных станций (ЗС), расположенных между антенной и интерфейсом пользователя. На рис 1. представлена типовая упрощенная схема ЗС, где это оборудование выделено цветом:

- малошумящие усилители (МШУ) и МШУ с преобразованием частоты (МШУ/LNB – Low Noise Block converter);
- усилители мощности (УМ) и УМ с преобразованием частоты (УМ/BUC – Block Up Converter);
- преобразователи частоты «вверх» и «вниз»;
- модемное оборудование;
- вспомогательное оборудование.

Основные функции блоков

Усилитель мощности – усиление полезного радиосигнала до

требуемого уровня мощности (мощности излучения).

МШУ – прием и выделение слабого полезного сигнала на фоне помех, по-другому – формирование отношения сигнал/шум.

Преобразователь частоты – перенос спектра сигнала из одной области в другую.

Модем – преобразование цифрового сигнала, поступающего с каналообразующей аппаратуры ЗС (мультиплексоров, аппаратуры передачи данных, речепреобразующих устройств и т. д.) в модулированный радиосигнал на промежуточной частоте (ПЧ) и, соответственно, обратное преобразование.

Если говорить про LNB и BUC, то эти блоки являются производными от перечисленных выше блоков, объединяющие только конструктивно в одном корпусе два различных прибора с различными функциями. Функции в

этом случае только суммируются, не образуя при этом новой функции.



Рис. 2. Усилитель мощности

Классификация УМ/BUC:

- рабочий диапазон частот;
- тип – твердотельный (транзисторный) или ламповый (ЛБВ, клистрон).

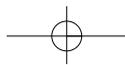
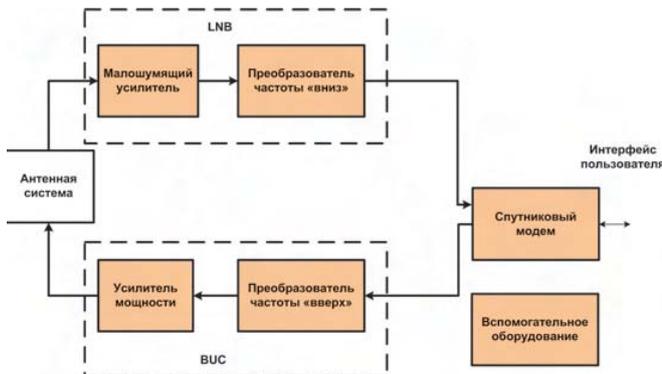
Для классификации BUC добавляется внутренний или внешний опорный генератор.

Распределение усилителей по мощностям в зависимости от выходной мощности показано на рис. 3.

Как видно из диаграммы, наименьшую выходную мощность имеют транзисторные УМ, наибольшую клистроны.

КПД усилителей на ЛБВ и клистропах составляет 30 – 50%, твердотельных (SSPA, Solid State Power Amplifier) – до 30%. Твердотельные УМ имеют меньший КПД, значительно меньше по габаритным размерам, в связи с чем возникают трудности с отводом тепла. Однако именно они

Рис. 1. Упрощенная структурная схема станции



СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ



Спонсор рубрики

получили в настоящее время наибольшее распространение в сетях спутниковой связи.

Основными параметрами УМ/ВУС являются:

- полоса рабочих частот;
- выходная мощность в точке компрессии 1 дБ (GCP 1dB) для транзисторных УМ и мощность насыщения для УМ на ЛБВ;
- неравномерность АЧХ в полосе частот;
- уровень интермодуляционных составляющих третьего порядка (IM3);
- внеполосные излучения.

Условно УМ/ВУС можно разделить по следующим группам в зависимости от выходной мощности и использования в различных типах ЗС:

1) 1 – 4 Вт – в составе периферийных земных станций (терминалов) систем VSAT;

2) 4 – 50 Вт – в составе земных станций корпоративных сетей, ЗС «подъема» ТВ/РВ сигналов, для организации закрепленных направлений связи;

3) 100 – 3000 Вт – в составе центральных земных станций (hub-станций), ЗС измерения и контроля, специальных ЗС.

Питание маломощных ВУС чаще всего осуществляется от модема L-диапазона (24 или 48 В постоянного тока), более мощных – по отдельному разъему питания.



Рис. 4. Маломощный усилитель

МШУ разделяются по рабочему диапазону частот, для LNB добавляются требования к опорному генератору – внутренний или внешний.

Основными параметрами МШУ (LNB) являются:

- полоса рабочих частот;
- температура шума (коэффициент шума);

- коэффициент усиления;
- стабильность опорной частоты (LNB).

Параметры МШУ совместно с антенной системой определяют важнейший параметр ЗС по приему – добротность приемной системы.

Современные МШУ проектируются на базе малошумящих транзисторов с повышенной мобильностью электронов (FEMT-транзисторы). В качестве входного соединителя практически всегда используется волноводный фланец для уменьшения температуры шума устройства. Для диапазонов частот до 10 ГГц в качестве выходного соединителя, как правило, используется разъем типа N(f), на частотах от 10 до 20 ГГц – разъем типа SMA, на более высоких частотах – типа K.

Электропитание МШУ осуществляется по тому же коаксиальному входу, по которому обеспечивается передача информационного радиочастотного сигнала. При использовании МШУ в системах резервирования и для специальных применений МШУ оснащаются дополнительным разъемом для подачи электропитания и осуществления контроля и управления блоком.

В LNB используются две схемы стабилизации частоты гетеродина:

- DRO (Dielectric Resonator Oscillator) – стабилизация частоты диэлектрическим резонатором. Такая же схема используется в бытовых конверторах. В коммерческих LNB используются специальные конструктивные и схемотехнические решения, сочетание

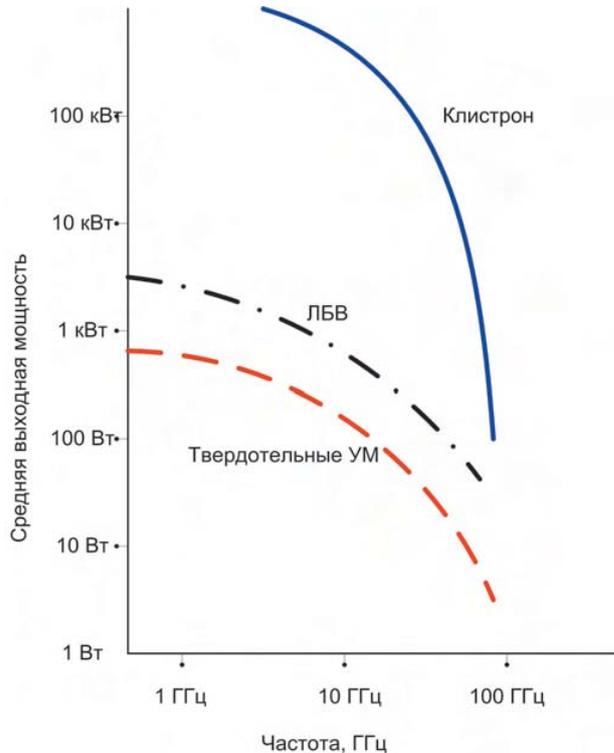


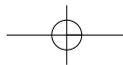
Рис. 3. Распределение разных типов усилителей по мощности и частоте

ООО «МВСатком»
 тел: (495) 788-78-61
 факс: (495) 670-37-49
 www.mwsatcom.ru
 e-mail: info@mwsatcom.ru

ГАРАНТИЙНОЕ И ПОСЛЕГАРАНТИЙНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ "ЦЕНА/КАЧЕСТВО"
ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЕКТОВ

ВСЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

- Поставка оборудования для спутниковых станций и сетей связи РАДИС, ЦСР МНИИРС, SWE-DISH, Newtec, NJRC, ComtechEFData, Andrew, Codan, ELTECO, Agilis, Advantech, AnaCom, Space Machine&Engineering, Sector Microwave и др.
- Сертифицированные земные станции С- и Ku-диапазонов (2,4/3,7м)
- Мобильные станции Fly-Away и Drive-Away



CONNECT!

бизнес-практикум

которых обеспечивает низкие фазовые шумы гетеродина.

- PLL (Phase Lock Loop) – электронный синтезатор частоты. Стабилизация частоты обеспечивается системой фазовой автоподстройки частоты, в результате достигается высокая стабильность частоты и очень низкие фазовые шумы.

Стоимость современных МШУ составляет от 500 долл. для простейших моделей до 3000 долл. для МШУ с предельно низкими значениями шумовой температуры.

При выборе МШУ, особенно при использовании их в составе ЗС антенн большого диаметра (7 м и более для С- и Ku-диапазонов), важным параметром, на который необходимо обратить особое внимание, становится выходная мощность в точке компрессии 1 дБ (1 dB GCP), влияющая на образование интермодуляционных составляющих на выходе МШУ. В то время как в ЗС меньшего диаметра этот параметр не критичен и практически никогда во внимание не принимается – все требования выполняются автоматически.

Расчеты показывают, что, например, для КА «Экспресс-АМ2» и «Ямал-200» в С-диапазоне при Ku блока 60 дБ МШУ должен иметь значение 1GCP не менее +3 дБм для антенны с диаметром 7 м и не менее +7 дБм для антенны диаметром 12 м.

Классификация преобразователей частоты:

- по рабочему диапазону частот;
- по исполнению – внутреннее/наружное;



Рис. 5. Преобразователь частоты



Рис. 6. Модем

- по инверсии спектра – есть инверсия/нет.

Основным требованием к преобразователям частоты является перенос спектра сигнала без внесения дополнительных искажений, что особенно критично при работе с многофазными видами сигналов (8PSK, 16QAM), поэтому к одним из важнейших параметров современных ПЧ относится фазовый шум.

Модемы являются формирователями радиосигнала в ЗС и в большей степени, чем все остальные блоки подвержены влиянию бурного развития цифровой техники. Это обуславливает их наиболее динамичное развитие и быстрое моральное старение – за 12 лет с момента массового использования импортных модемов в России сменилось не менее четырех поколений модемов, т. е. обновление идет каждые три года.

Современные «среднескоростные» модемы имеют скорость до 20 Мбит/с, высокоскоростные – до 155 Мбит/с, модемы специального применения, например, используемые в системе Omnisat, – до 500 Мбит/с.

Классифицировать модемы можно по рабочему диапазону частот промежуточной частоты – 70/140 МГц или L-диапазон, а также условно по скорости – низко/средне/высокоскоростные.

Производители

В табл. 1 приведены данные по наиболее распространенному в России оборудованию зарубежных производителей, в табл. 2 – по оборудованию некоторых отечественных производителей.

Необходимо признать, что производство МШУ и LNB наименее всего освоено отечественными производителями. Причина в очень большой конкуренции, как по бытовым, так и высокопрофессиональным устройствам данного типа со стороны американских и азиатских (японских, корейских и китайских) производителей. Цена устройств относительно небольшая (от 10 до 3000 долл.) и для большого оборота необходим

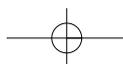
массовый серийный выпуск, к чему наши производители не готовы, прежде всего, технологически. Однако если рассматривать системы резервирования МШУ и LNB, то эта продукция выпускается, например, РАДИС Лтд., в достаточно больших объемах.

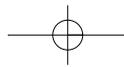
Нашими изготовителями выпускается номенклатура усилителей мощности от 1 до 200 Вт в твердотельном исполнении С- и Ku-диапазонов. Конечно, по достигнутому максимальному уровню выходной мощности отечественные производители отстают от зарубежных. Это объясняется, прежде всего, более долгим временем получения доступа к новейшим разработкам элементной базы (особенно транзисторов). Например, когда наши производители создают УМ на транзисторах с мощностью 20 Вт и делают несколько каскадов сложения для получения 50 Вт мощности, усложняя схему и делая ее тем самым менее надежной, затрачивая дополнительные средства на разработку, американские и канадские производители уже используют транзистор на 60 Вт и делают УМ на одном транзисторе. Эту ситуацию, к сожалению, изменить достаточно сложно. Однако имеющийся в производстве модельный ряд УМ и ВУС обеспечивает создание ЗС практически любой размерности – от VSAT-терминалов до телепортов.

Производятся преобразователи частоты С- и Ku-диапазонов, в любом конструктиве – и наружного, и внутреннего исполнения. Модемы отечественной разработки во многом повторяют импортные аналоги, уступая в основном только в предлагаемом сервисе работы с оборудованием.

Отметим, что большинство наших разработок вышло, как правило, из ВПК, что обеспечивает их высокое качество. Кроме этого, выпускаемая у нас продукция адаптирована под наши специфические условия эксплуатации, важнейшим из которых является климат – серийные усилители мощности и ВУС производства РАДИС Лтд. обеспечивают работу при температуре до -50°C .

► www.connect.ru





Спонсор рубрики



Космическая связь

Таким образом, вся номенклатура устройств, необходимых для создания ЗС, имеется и основным препятствием для широкого распространения наших устройств в наших же системах спутниковой связи является неумение отечественных производителей грамотно построить систему сбыта своей продукции, включая дилерскую сеть, рекламу и т. п., о чем уже писалось в [1].

Выбор и эксплуатация

Вопросы выбора того или иного оборудования для создания оптимальной по экономическим затратам земной станции подробно рассмотрены в статье [2]. Напомним лишь, что с точки зрения заказчика необходимо рассматривать оптимальную стоимость не как минимальную только по первоначальным затратам (они могут быть и не минимальными при выборе конфигурации ЗС), а минимальную стоимость за период эксплуатации, включая эксплуатационные расходы и оплату частотно-энергетического ресурса.

В первую очередь это определяется парой «антенна – усилитель мощности». Все остальное оборудование является как бы константой, варьировать которой удастся лишь в небольших пределах. При этом их влияние на изменение конечной стоимости станции – минимально (хотя в процентном отношении эта часть оборудования занимает значительную долю).

Проблема выбора оборудования по большому счету сводится в настоящее время к умению интегратора ЗС правильно подобрать и использовать соответствующее оборудование.

При этом характеристики аналогичного оборудования примерно одинаковые и выбор того или иного производителя скорее осуществляется по второстепенным факторам: сложившейся практике, удобству работы с ним обслуживающего персонала (службы эксплуатации), наличия уже написанного и отработанного ПО, хорошей поддержке со

Таблица 1

Производитель	Устройство				
	МШУ и LNB	УМ и ВУС	ПЧ	Модемы	Доп. обор.
NJRC	+	+			
MITEQ	+		+		+
ComtechEFData	+	+	+	+	
Advantech	+	+	+	+	+
Paradise	+	+	+	+	
Datum				+	
Agilis	+	+	+	+	+
MCL		+			
CPI		+			
L3 Communication	+	+	+		+

Таблица 2

Производитель	Устройство				
	МШУ и LNB	УМ и ВУС	ПЧ	Модемы	Доп. обор.
РАДИС Лтд.	+	+	+		+
НПФ «МИКРАН»	+				
ФГУП НИЧ «МАТИ» -РГТУ им. К.Э.Циолковского	+				
НТЦ Электрон		+	+		
МНИИРС		+	+		+
«Ижевский радиозавод»		+	+		
«КОМИН»			+	+	
НПП «ЭТРА-ПЛЮС»				+	
ЛОНИИР				+	+

стороны производителя и дилерской сети и т. д. При достаточно большом выборе для получения работоспособной, грамотно спроектированной ЗС необходимо проверить совместимость по техническим параметрам закупаемого оборудования, в обязательном порядке разработать диаграмму уровней станции (ДУ), включая передающий и приемный тракт, а при необходимости тракт шлейфового контроля. ДУ приемного тракта должна разрабатываться с учетом реальных значений принимаемых сигналов со спутника, а также иметь некоторый запас по динамическому диапазону для возможного перехода в дальнейшем на работу через другие (более мощные или наоборот) спутники или стволы ретрансляторов. ДУ передающего тракта рассчитывается, исходя из необходимости обеспечить «раскачку» усилителя мощности до нужного уровня выходной мощности, компенсации потерь в кабелях и также должна иметь запас динами-

ческого диапазона не менее ± 5 дБ для будущей модернизации, обеспечивая тем самым принцип постепенной последовательной модернизации ЗС.

Прогноз специалистов по развитию спутниковой связи в России, приведенный в № 2 Connect! за 2007 год, дает достаточно оптимистические цифры – прогнозируется, что к 2015 г. количество станций VSAT достигнет 75 тыс., т. е. вырастет на 70 тыс.

Будем надеяться, что такая перспектива даст хороший толчок развитию реального серийного производства наших отечественных предприятий. ■

Литература

1. Бобков В. Психологические факторы развития производства российского спутникового оборудования. Connect!, 2006, № 12, с. 134 – 137.
2. Бобков В.Ю. и др. Выбор оптимальных параметров земных станций при проектировании спутниковых линий связи. Connect!, 2004, № 3, с. 62 – 64.

