РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСА СОЗДАНИЯ БОРТОВОГО ПЕРЕДАТЧИКА ДЛЯ КАНАЛОВ КОСПАС-САРСАТ И ССПД

А.Н. Виноградов

Научно-исследовательский институт радио, Москва, Российская Федерация

Представлены результаты анализа особенностей построения спутниковых систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД. Рассмотрен вопрос создания бортовых передатчиков для совместной передачи сигналов КОСПАС-САРСАТ и ССПД. Приведены примеры построения таких передатчиков.

Ключевые слова: бортовой передатчик, спутниковые системы КОСПАС-САРСАТ и ССПД, спутник-ретранслятор, энергетическая эффективность.

CONSIDERATION ANALYSIS OF CREATION OF ON-BOARD TRANSMITTER FOR COSPAS-SARSAT AND SSPD CHANNELS

A.N. Vinogradov

Radio Research and Development Institute, Moscow, Russian Federation

The article presents an analysis of the features of satellite systems COSPAS-SARSAT and SSPD, consideration of the creation of on-board transmitters for the joint transmission of COSPAS-SARSAT and SSPD signals. In the text examples of the construction of such transmitters are given.

Keywords: on-board transmitter, COSPAS-SARSAT and SSPD satellite systems, satellite retransmitter, energy efficiency.

Актуальность

Системы спутниковой связи на сегодняшний день являются самым быстроразвивающимся сегментом телекоммуникаций. Это связано с тем, что данные системы позволяют работать с большим числом абонентов на территории, значительно превосходящей зоны обслуживания любой из наземных станций. Посредством спутников-ретрансляторов может осуществляться передача любого типа данных: от телефонных и телевизионных каналов до широкополосных каналов сети Интернет, что делает данный вид связи весьма востребованным. Не стоит также забывать, что для удаленных и труднодоступных территорий на Земле (в нашей стране это, в частности, районы Сибири и Дальнего Востока) спутниковая связь может оказаться единственным доступным видом связи [1].

В настоящее время одним из широко распространенных применений систем спутниковой связи является сбор контактных измерений параметров среды и фактов обнаружения аномальных и/или аварийных ситуаций, производимых на платформах сбора данных (ПСД). Под термином ПСД понимаются наземные, воздушные или водные станции.

Спутники связи и ретрансляции системы «ЛУЧ» используются для ретрансляции сигналов двух подобных систем: международной системы поиска и спасения КОСПАС-САРСАТ, а также системы сбора и передачи данных Росгидромета (ССПД).

Однако одновременная работа бортового передатчика с сигналами двух систем приводит к повышению тепловыделения и энергопотребления передатчика. Снижение этих характеристик позволит повысить мощность сигнала в каждом парциальном канале, что, в свою очередь, приведет к повышению пропускной способности канала ретрансляции.

С учетом изложенного актуальной задачей является рассмотрение возможных вариантов построения бортовых передатчиков, обеспечивающих оптимальное соотношение

энергомассовых характеристик бортового ретранслятора при условии одновременного прохождения сигналов систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД.

Анализ существующих систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД

Система КОСПАС-САРСАТ (КОСПАС – Космическая система поиска аварийных судов, САРСАТ – Спутниковая система слежения, используемая для поиска и спасания) – это международная система, образованная в 1977 году на основе международного сотрудничества СССР (КОСПАС), США, Канады и Франции (SARSAT) [2].

Система состоит из двух сегментов: космического и наземного. На сегодняшний день космический сегмент состоит из шести низкоорбитальных спутников на околополярной орбите и девяти геостационарных спутников, в число которых входят два представителя системы «ЛУЧ». Земной сегмент – это наземные станции приема и обработки информации (СПОИ), координационные центры, а также автоматические аварийные радиобуи (АРБ), являющиеся абонентами системы. Изначально АРБ данной системы работали на частоте 121,5 МГц, однако в 2009 году обработка этих сигналов была прекращена и на данный момент в системе используется частота 406,025 МГц. Передача сигналов с КА на СПОИ ведётся на частоте 1544,5 МГц [2].

Общая структура фрагмента системы КОСПАС-САРСАТ, включающая в себя космический аппарат ЛУЧ-5А, представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структура системы КОСПАС-САРСАТ

ССПД обеспечивает передачу буквенно-цифровой информации с автоматических и обслуживаемых ПСД сети Росгидромета в центр сбора и обработки данных (Москва) в реальном масштабе времени [3].

ССПД состоит из космического и наземного сегментов, состав и конфигурация которых приведены на рис. 2. Система обслуживает абонентов в глобальной зоне освещения

геостационарных КА, а приполярные районы, не попадающие в зону освещения геостационарных КА, обслуживаются полярно-орбитальными КА, обеспечивающими прямую ретрансляцию сигналов абонентов этих регионов через геостационарные КА в центр сбора данных [3].

Рабочая частота передачи по каналу ПСД-КА (частота приёма КА) составляет 401,0–403 МГц, по каналу КА-центр приема (частота передачи КА) – 1696,0–1698,0 МГц.

Варианты решения поставленной задачи

С учетом того что ретрансляторы систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД, установленные на ИСЗ семейства «ЛУЧ», должны одновременно работать с сигналами двух систем, существует два варианта построения бортового передатчика на твердотельных элементах: отдельные выходные блоки усилителей для каждой из систем или общий выходной блок.

Рис. 2. Структура системы ССПД

Для спутникового ретранслятора реализация единого выходного блока оказывается предпочтительнее по целому ряду причин.

1. *Меньшие массогабаритные параметры выходного усилителя.* Один блок очевидно займет меньше места и будет обладать меньшей массой, чем два отдельных и по сути аналогичных блока. Немаловажным показателем, связанным с массой космического аппарата, является экономический фактор, а конкретно – стоимость вывода спутника на околоземную орбиту. С данной точки зрения незначительное изменение массы спутника весьма значительно скажется на общей стоимости проекта.

2. *Снижение энергетических показателей передатчика.* Если сигналы обеих систем будут идти по общему передающему тракту, то это существенно снизит мощность потребления и мощность тепловыделения передатчика.

3. *Повышение надежности изделия.* Один функциональный узел изделия (вместе с резервом) будет содержать в себе меньшее количество элементов, чем два отдельных, а следовательно, возрастет вероятность безотказной работы системы в целом.

Ретрансляторы систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД, установленные на ИСЗ семейства «ЛУЧ», предназначены для приема и передачи сигналов по нескольким каналам. Для КОСПАС-САРСАТ это 27 каналов шириной 3 кГц, для ССПД – 333 канала по 3 кГц.

Согласно официальному описанию полезных нагрузок геостационарного сегмента системы КОСПАС-САРСАТ, работающих на частоте 406 МГц [4], выходная мощность сигнала системы КОСПАС-САРСАТ для спутников семейства «ЛУЧ» составляет минус 10,2 дБВт или 95 мВт. Таким образом, парциальная мощность каждого из 27 рабочих каналов системы должна составлять 3,5 мВт.

Мощность сигнала системы ССПД на выходе бортового передатчика должна составлять не менее 0 дБВт или 1 Вт. Парциальная мощность каждого из 333 каналов в этом случае составляет порядка 3 мВт.

Таким образом, суммарная мощность выходных сигналов бортового передатчика, работающего в линейном режиме, должна составлять не менее 1,1 Вт.

Работа в многосигнальном режиме предполагает повышенные требования к линейности передающего тракта, что влечет за собой жесткие требования к выходной мощности передатчика. Из этого, в свою очередь, вытекает высокая мощность потребления передатчика и, соответственно, высокая мощность тепловыделения, которые должны быть снижены за счет использования современных методов линеаризации характеристик усилителей и последних достижений радиоэлектронной промышленности в области использования новых перспективных материалов и технологий.

Согласно расчетам, при выходном уровне 1,1 Вт для соблюдения требований к линейности сигнала выходная мощность передатчика в режиме насыщения должна составлять не менее 10 Вт.

Чтобы соблюсти требования по выходной мощности передатчика, окончательный каскад усиления ретранслятора системы «ЛУЧ» построен на основе полевого транзистора NPTB00025 компании Nitronex (в 2014 году вошла в состав компании Masom), работающего в классе АВ, что позволяет повысить линейность сигнала по сравнению с усилителем, работающим в самом энергетически выгодном классе В и снизить мощность потребления по сравнению с усилителем, работающим в самом выигрышном с точки зрения нелинейных искажений классе А. Данный транзистор выполнен по наиболее перспективной на данный момент технологии нитрида галлия (GaN), которая, согласно имеющимся данным, превосходит традиционные кремневую (Si) и арсенид-галлиевую (GaAs) технологии при создании СВЧ-транзисторов по ряду показателей, среди которых тепловые и радиационные свойства, а также надежность. Стоит обратить внимание, что ESA (European Space Agency, Европейское космическое агентство) прямо рекомендует применять СВЧ-транзисторы, выполненные по технологии GaN.

Сравнительные характеристики СВЧ-транзисторов, использующих в своем составе разные технологии, представлены на рис. 3.

Кроме того, GaN-технология позволяет работать в более широком диапазоне температур по сравнению с Si- и GaAs-технологиями. По данным производителя [5], абсолютной максимальной рабочей температурой, при которой гарантируются электрические параметры и вероятностные характеристики по надежности, является температура 200 °С.

Дополнительно стоит отметить, что применение в передатчике полевых, а не биполярных транзисторов повышает надежность изделия, так как полевые транзисторы допускают перегрузки по входному сигналу и не выходят при этом из строя.

Attribute	Si	GaAs	SiC	GaN	
Energy Gap (eV)	1.11	1.43	3.2	3.4	High Voltage
Critical Electric Field (MV/cm)	0.6	0.65	3.5	3.5	
Power Density (W/mm)	~ 0.8	~ 1.0	2 - 4	> 2	High Power Density
Saturation Velocity (cm/s)	1x10 ⁷	2x10 ⁷	2x10 ⁷	2.5x10 ⁷	High Frequency
FET Technology	LDMOS	HFET	MESFET	HFET	

GaN = best material attributes for microwave power applications

Рис. 3. Сравнительные характеристики СВЧ-транзисторов на основе разных технологий

Заключение

На основании рассмотрения существующих систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД определен вариант реализации бортового передатчика, обеспечивающего оптимальное соотношение энергомассовых характеристик спутника-ретранслятора при условии одновременного прохождения сигналов систем КОСПАС-САРСАТ и ССПД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спутниковая связь и вещание: справочник / под. ред. Л.Я. Кантора. М.: Радио и связь, 1997. 528 с.
2. Описание системы КОСПАС-САРСАТ. URL: <https://www.marsat.ru/cospas-system-organization>.
3. Описание системы ССПД. URL: http://planet.iitp.ru/Sist_sb/Sist_sb.html.
4. Description of the 406 MHz payloads used in the Cospas-Sarsat geostar system C/S T.011. Issue 1. Revision 9. October. 2014.
5. Технические данные транзистора NPTB00025B.
6. USB: <https://cdn.macom.com/datasheets/NDS006%20Rev%204%20NPTB00025.pdf>.