

Реферат-презентация

Федеральное Государственное Автономное Образовательное Учреждение Высшего
Образования «Национальный исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»

«Разработка малогабаритной аппаратуры электронной гиперзвуковой ЗУР»

Авторский коллектив:

1. Лялин Константин Сергеевич, к. ф.-м. н., доцент, заместитель директора института МПСУ НИУ МИЭТ, руководитель работы.
2. Мелёшин Юрий Михайлович, инженер-радиоэлектронщик института МПСУ НИУ МИЭТ.
3. Стрекопытов Дмитрий Викторович, инженер-электроник института МПСУ НИУ МИЭТ.

Москва, 2020 г.

Работа посвящена вопросам разработки и организации серийного производства малогабаритной бортовой аппаратуры электронной гиперзвуковой ЗУР. В данной аппаратуре, впервые для такого рода устройств, были реализованы следующие принципы:

- Интеграция в единую аппаратуру как средств питания, управления и ориентации, так и сверхвысокочастотного (СВЧ) приемопередатчика Ка-диапазона частот.
- Возможность использования двух различных способов модуляции сигнала (кодированной импульсной модуляции (КИМ) и четырехпозиционной фазокодовой манипуляции (ФКМ) и их переключения.
- Применение быстродействующих алгоритмов цифровой компенсации фазо-частотных отклонений, цифрового приема и дешифрации сигналов.

Благодаря предложенным уникальным схемотехническим и конструктивным решениям удалось успешно выполнить все требования технического задания при крайне ограниченных масса-габаритных характеристиках. Основные требования технического задания к бортовой аппаратуре управления перспективной ЗУР касались следующих вопросов:

- Прием и формирование ФКМ сигналов
- Обратная совместимость с КИМ сигналом
- Чувствительность приемного устройства
- Мощность излучаемого ответного сигнала

Конструктивные особенности ЗУР определяли допустимый объем, занимаемый аппаратурой 0.2 дм³. Допустимая масса составляла 500г.

Для обеспечения приема ФКМ сигнала снятие неопределенности основных параметров принимаемого сигнала: центральной частоты, начальной фазы и амплитуды. В условиях работы перспективной ЗУР диапазоны неопределенности центральной частоты существенно выше за счет влияния эффекта Доплера. Например, при работе в Ка диапазоне совокупное действие доплеровского смещения и нестабильности задающего генератора приводит к отклонениям центральной частоты сигнала относительно номинального значения до 200 кГц.

Ввиду возможности быстрых изменений характера движения ракеты (изменения скорости, направления движения) параметры сигнала могут скачкообразно изменяться от посылки к посылке.

Информационная посылка обладает малой длительностью. Это в свою очередь серьезно ограничивало возможность применения распространенных алгоритмов демодуляции ФКМ сигнала, например контура фазовой автоподстройки частоты. В результате чего были предложены оригинальные алгоритмы синхронизации.

Предложенные алгоритмы относятся к т.н. data-aided алгоритмам, имеющим привязку к информационной части сообщения. На основании приема и обработки известной синхропоследовательности формируется функция правдоподобия гипотез о параметрах сигнала. В литературных источниках встречаются схожие алгоритмы для частотной синхронизации, однако предложенный способ формирования функции правдоподобия позволяет упростить алгоритм, а также использовать найденные значения в задачах компенсации начального фазового смещения и нормализации сигнала.

Предложенные алгоритмы позволили решить задачу снятия неопределенности параметров при больших диапазонах рассогласования и малой длительности информационной посылки. Алгоритмы предполагают обработку сигнала в цифровой форме представления. Это в свою очередь требует выделения для задач обработки сигнала цифровых вычислительных ресурсов.

Применявшаяся ранее концепция построения бортового оборудования ЗУР предполагала отдельное исполнение вычислителя и приемопередатчика. Модули являлись функционально законченными устройствами и разрабатывались независимо друг от друга. Реализация ФКМ приемника в данной концепции потребовала бы оснащения блока приемопередатчика дополнительным цифровым вычислителем, что привело бы к аппаратной избыточности и как следствие увеличению занимаемого объема, стоимости и энергопотребления.

Рациональным решением данного вопроса является совмещение вычислителя и приемопередатчика. Для обеспечения возможности интеграции этих устройств в одну систему были тщательно проработаны следующие вопросы:

- Вопросы системного построения – необходимый состав функциональных элементов, организация совместного использования источников питания, системы тактирования;
- разделения задач между цифровой и аналоговой частью устройства;
- способы взаимодействия цифрового вычислителя и аналоговых узлов приемоответчика, интерфейс взаимодействия, необходимые управляющие воздействия;
- вопросы обеспечения технологичности процессов производства и настройки изделия, в том числе разработка методик и аппаратных средств контроля параметров изделий.

В результате данной работы сформировался следующий облик бортовой аппаратуры перспективной ЗУР: конструктивно аппаратура состоит из модуля управления и обработки (Рисунок 1) и модуля СВЧ (Рисунок 2).



Рисунок 1 – Модуль управления и обработки

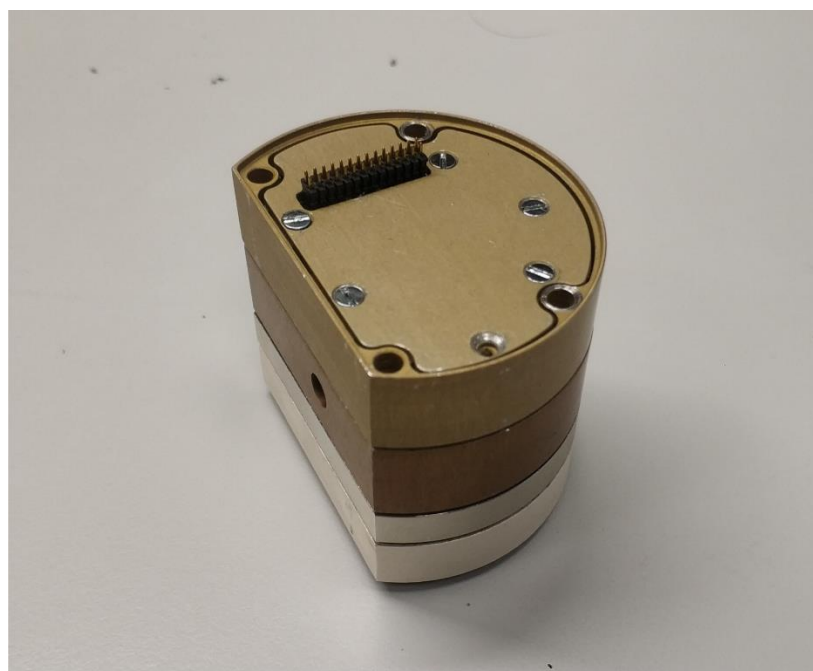


Рисунок 2 – Модуль СВЧ

Конструктивное разделение определяется в первую очередь технологическими особенностями производства цифровой и СВЧ техники – применяемыми материалами и средствами измерений. При этом на функциональном уровне данные узлы работают как единая неделимая система, за счет чего достигаются описанные выше преимущества принципа интегрированного построения бортовой аппаратуры управления ЗУР.

Данная работа началась с выполнения СЧ ОКР на разработку аппаратуры электронной для сверхзвуковой ЗУР в 2015 году. Работа в части сопровождения серийного производства разработанной аппаратуры продолжается и в настоящее время. Практическая реализация данной работы началась с начала изготовления образцов аппаратуры в 2017 году.

За время производства аппаратуры были проведены предварительные испытания и было выпущено более 150 образцов. На рисунке 3 показан внешний вид выпускаемого изделия.



Рисунок 3 – Аппаратура электронная

В настоящее время ведется серийное изготовление аппаратуры на базе завода изготовителя (АО «Завод «Компонент»), планируемый объем выпускаемой продукции: более 500 шт. в год.

Предложенные в ходе работы технические решения, а также полученный в опыт и сформированный научный задел будут способствовать дальнейшему совершенствованию военной техники - созданию новых образцов вооружений, а также модернизации существующих изделий.