**Национальный исследовательский университет**

**«МЭИ»**

**Институт радиотехники и электроники**

**Кафедра радиотехнических приборов и антенных систем**

**Радиотехнические системы дистанционного зондирования Земли**

Курсовой проект

ФИО студента: Жеребин В.Р.

Группа: ЭР-15-15

Вариант №: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ФИО преподавателя: Лукашенко Ю.И.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва, 2020 г.**

**Задание на курсовой проект.**

Необходимо разработать радиолокационную систему с синтезированным раскрывом антенны (РСА) для космического базирования с требуемыми тактическими характеристиками:

* Разрешение по поверхности
* Динамический диапазон изображения
* Полоса обзора по дальности на поверхности
* Угол визирования
* Высота полета
* Скорость полета
* Длина радиоволны передатчика

Обработка бортовая с возможным некогерентным накоплением по кадрам изображения;

**Необходимо**:

1. Обосновать и рассчитать характеристики зондирующего сигнала: вид сигнала, , , .
2. Составить подробную функциональную схему бортового комплекса.
3. Рассчитать размеры полотна антенны.
4. Обосновать алгоритм и рассчитать систему цифровой обработки сигнала, составить функциональную схему с указанием ее характеристик и требуемой производительности.
5. Определить требуемую мощность передатчика для получения отношения сигнал/шум порядка 10-15 дБ.
6. **Расчет основных параметров и выбор формы зондирующего сигнала**

Радиолокаторы с синтезированным раскрывом антенны (РСА) предназначены для получения детального радиояркостного изображения лоцируемой поверхности и являются наиболее информативными активными радиосистемами дистанционного исследования и контроля поверхности и сред Земли и планет.

При выборе формы зондирующего сигнала необходимо стремиться к минимуму корреляционных шумов. Из энергетических соображений предпочтительнее использовать сигналы сложной формы. Для требуемого динамического диапазона изображения , уровень корреляционного шума не должен превышать величины . Из сигналов сложной формы выбираем сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

Для упрощения антенной системы и большей возможности вариаций тактических характеристик будем использовать РСА с импульсным режимом зондирования.

Ширина спектра зондирующего сигнала определяется из разрешающий способности

Длительность импульса связана с шириной спектра зондирующего сигнала. Выберем базу сигнала, равной 100.

Несущая частота

Время синтезирования

Элемент разрешения по наклонной дальности

Максимальные и минимальные наклонные дальности

При расчете периода повторений импульсов, необходимо исключить неоднозначность измерений. Для расчета частоты повторения импульсов необходимо использовать максимальную наклонную дальность в полосе обзора

Выберем , тогда период повторения импульсов

Скважность импульсов

Количество импульсов в пачке

1. **Расчет размеров полотна антенны**

Определим раскрыв антенны и ширину диаграммы направленности луча антенны

Выберем раскрыв антенны по азимуту, равным м

Ширина результирующей синтезированной диаграммы направленности

Таким образом ширина луча синтезированной антенны меньше в 66 раз.

1. **Определить требуемую мощность передатчика для получения отношения сигнал/шум порядка 10-15 дБ.**

Рассчитаем импульсную мощность передатчика, для этого зададимся следующими параметрами:

Постоянная Больцмана

Шумовая температура

Коэффициент использования поверхности

Удельная ЭПР поверхности

ЭПР цели

Потери в антенно-фидерном тракте

Отношение сигнал/шум дБ

Кратность некогерентного накопления

Средняя мощность передатчика

Число каналов по дальности

Число каналов по азимуту

Общее число каналов

1. **Составить подробную функциональную схему бортового комплекса.**

Система с бортовой обработкой предполагает оснащение РСА специальным цифровым процессором (СП). На наземные пункты при этом передается радиоизображение лоцируемой поверхности, пригодное для непосредственного наблюдения.

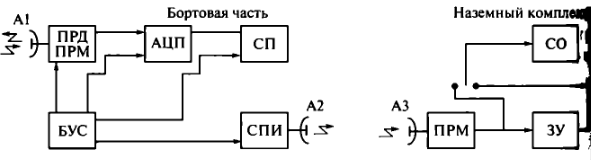


Рисунок 1 – общая функциональная схема комплекса РСА с полной бортовой обработкой сигналов: БУС – блок управления и синхронизации; СО – система отображения; ЗУ – запоминающее устройство

Структурная схема комплекса приведена на рисунке 1. В отличие от систем с наземной обработки информации представленная система имеет бортовой спецпроцессор СП обработки сигналов в реальном масштабе времени. Наземная часть также существенно проще: в ней отсутствуют высокоинформативные запоминающие устройства ЗУ и ЭВМ наземной обработки.

Данный комплекс обладает следующими преимуществами: информация получается оперативной, передается посредством более простой системы передачи в готовом к потреблению виде и, как следствие, доступна более широкому кругу потребителей. Кроме того, имеются большие возможности для работы вне зоны радиовидимости с наземного пункта приема с запоминанием обработанной информации в бортовом ЗУ.

Основной недостаток комплекса в необходимости располагать на борту сложный бортовой процессор обработки СП. При повышении разрешающих способностей ∆x,∆y сложность процессора резко возрастает по требуемой производительности, по числу азимутальных m∝ и дальномерных mR каналов, по требуемой емкости запоминающего устройства. Все это затрудняет построение бортового процессора по жесткой, но наиболее экономичной и производительной структуре.

Однако успехи в развитии цифровой техники и современных методов обработки сигналов позволяют быстро продвигаться по пути повышения производительности и компактности бортовых процессоров.

Составим и рассчитаем алгоритм работы системы с приведением временных диаграмм и общей функциональной схемы. В рассматриваемой системе эхо-сигналы (рисунок 2) поступают на прием относительно начала зондирования с начальной задержкой

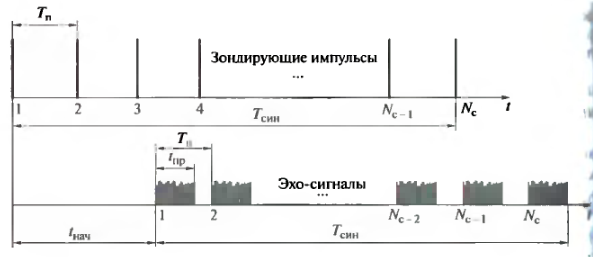


Рисунок 2 – временные диаграммы зондирующего и эхо-импульсов в космической системе РСА

При этом необходимо добиваться, чтобы время равнялось целому числу периодов зондирования , чтобы эхо-сигналы от всей полосы обзора по дальности всегда попадали в паузу приема поэтому

Так как в космических РСА для повышения энергетического потенциала используются сигналы сложной формы, то сначала производится обработка (сжатие) сложных сигналов при помощи “быстрых сверток”, также на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ). При сжатии эхо сигналы разделяются по элементам разрешения по дальности и в виде цифровых многоразрядных выборок поступают на процессор синтеза СП (рисунок 3). Такая раздельная обработка возможна потому, что в РСА допплеровское смещение относительно невелико, и сложный зондирующий импульс длительностью 20…30 мкс при сжатии не подвергается заметному искажению.

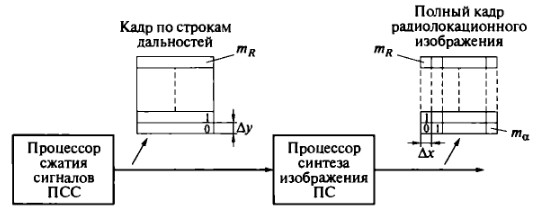


Рисунок 3 – функциональная схема системы обработки сигналов РСА при зондирующем сигнале сложной формы

1. **Обосновать алгоритм и рассчитать систему цифровой обработки сигнала, составить функциональную схему с указанием ее характеристик и требуемой производительности.**

Рассмотрим подробнее работу процессора сжатия сложных сигналов (ПСС). Современным решением является цифровая быстрая свертка в спектральной области на основе БПФ. Алгоритм быстрой свертки имеет вид:

*,*

где – отсчеты сжатых сигналов; – отсчеты эхо-сигналов в полосе обзора ; – отсчеты, описывающие зондирующий сигнал (опорная функция). Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 4.

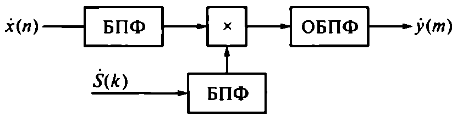
******

Рисунок 4 – функциональная схема алгоритма быстрой свертки в спектральной области

“Быстрым” метод называется потому, что ДПФ и ОДПФ вычисляется с помощью БПФ и ОБПФ, что многократно снижает вычислительные затраты. Так при прямой свертке последовательностей длиной отсчетов требуется умножений, при использовании алгоритма “быстрой” свертки - умножений, что дает 376-кратную экономию.

Так как последовательности отсчетов и с длинами соответственно отличаются по длине, то нужно дополнить эти последовательности нулями и вычислять линейную свертку с помощью круговой. Ясно, что последовательность является конечной и имеет длину отсчетов.

Однако, при большом различии длин последовательностей и для полной реализации указанных выше преимуществ, а так же для устранения большой задержки (в виду того, что обработка начинается после приема всей последовательности) в алгоритме необходима специальная организация процесса вычислений и массива исходных данных . Для этого будем применять секционированную свертку с использованием метода перекрытия с суммированием, разбиением на секции.

При реализации алгоритма быстрой свертки можно сделать допущение относительно приведенной схемы. Можно исключить блок БПФ опорного сигнала, и на комплексный перемножитель подавать отсчеты спектральной составляющей. Таким образом можно уменьшить вычислительную нагрузку на процессор сжатия.

1. **Список используемых источников**
2. Лукашенко Ю.И. Космические радиолокаторы с синтезированным раскрывом антенны. Москва. МЭИ. 1992 г.
3. Баскаков А.И., Жутяева Т.С., Лукашенко Ю.И. Локационные методы исследования объектов и сред. М.: Издательский центр «Академия». 2011 г.
4. **Приложения**

Задание на курсовой проект:

