Перечень сокращений

|  |  |
| --- | --- |
| БРЛС | - бортовая радиолокационная станция |
| ДНА | - диаграмма направленности антенны |
| ЗС | - зондирующий сигнал |
| ЗМ | - закон модуляции |
| ЛА | - летательный аппарат |
| ПБО | - переднебоковой обзор |
| ПП | - подстилающая поверхность |
| РЛИ | - радиолокационное изображение |
| СА | - синтезированная апертура антенны |
| ТО | - телескопический обзор |
| ТТХ | - тактико-технические характеристики |
| ФЦА | - фазовый центр антенны |
| ЭПР | - эффективная поверхность рассеивания |

## Алгоритм формирования дезинформирующих помех в режиме «воздух-поверхность»

Алгоритм формирования дезинформирующих помех в режиме «воздух-поверхность» рассчитывает имитирующие помехи ретрансляционного типа для каналов азимута и дальности приемника БРЛС при воздействии по главному лепестку ДНА. В качестве модуляции ретранслируемого сигнала для формирования помехи используется фазовая периодическая манипуляция 1/-1 или псевдослучайная манипуляция. Также в алгоритме учитывается возможность изменения параметров модуляции ретранслируемого сигнала для управления положением ложных целей на радиолокационном изображении.

### Предустановленные параметры

При моделировании отсчетов принятого сигнала, используются предустановленные параметры, обусловленные характеристиками БРЛС, видом обзора земной поверхности, а также характеристиками конкретного типа цели. Перечень используемых параметров представлен в таблице 1.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица | | 1.1 | – Предустановленные параметры моделирования | | | | |
| **№** | **Обозначение** | | | **Ед. изм.** | **Значение** | **Название** |
| 1 |  | | | м | 0,0,6000 | Прямоугольные координаты ФЦА БРЛС в момент времени синтезирования |
| 2 |  | | | м | 0, 0, 0 | Координаты центра участка картографирования |
| 3 |  | | | град | 3.0 | Ширина ДНА по азимуту |
| 4 |  | | | град | 3.0 | Ширина ДНА по углу места |
| 5 |  | | | м/с | 350 | Скорость движения носителя БРЛС |
| 6 |  | | | кВт | 10 | Импульсная мощность зондирующего сигнала |
| 7 |  | | | м/c | 3e8 | Скорость распространения ЭМВ |
| 8 |  | | | мкс | 100 | Длительность зондирующего импульса |
| 9 |  | | | МГц | 150 | Ширина спектра зондирующего сигнала |
| 10 |  | | | мс | 3 | Период повторения импульсов |
| 11 |  | | | м | 0.03 | Длина волны зондирующего сигнала |
| 12 |  | | | м | 1.0 | Разрешение по дальности/азимуту |
| 13 |  | | | м | 0, 0, 0 | Координаты постановщика помех |
| 14 |  | | | дБ | 60 | Коэффициент усиления тракта ретрансляции |
| 15 |  | | | Вт | 10 | Выходная мощность передатчика постановщика помех |
| 16 |  | | |  | 0 | Тип модуляции сигнала для канала дальности (0 – периодическая 1/-1; 1 – периодическая псевдослучайная) |
| 17 |  | | |  | 0 | Тип модуляции сигнала для канала азимут (0 – периодическая 1/-1; 1 – периодическая псевдослучайная) |
| 18 |  | | | мкс | 1 | Длительность элементарной посылки закона модуляции фазы для канала дальности |
| 19 |  | | | мкс | 100 | Длительность элементарной посылки закона модуляции фазы для канала азимут |
| 20 |  | | |  | 7 | Основание М-последовательности для периодической псевдослучайной модуляции фазы |

### Параметры, поступающие на вход алгоритма в процессе моделирования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица | | | 1.2 | – Параметры, поступающие на вход алгоритма в процессе моделирования для *k*-ого зондирования | | | | |
| **№** | **Обозначение** | | | **Ед. изм.** | **Значение** | **Название** | **Откуда поступает** | |
| 1 |  | | | м | Соответствуют текущему пространственному положению БРЛС | Текущее положение БРЛС |  | |

### Выходные параметры алгоритма

Выходные данные алгоритма приведены в таблице 1.3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица | | | 1.3 | – Выходные данные алгоритма | | | | |
| **№** | **Обозначение** | | | **Ед. изм.** | **Значение** | **Название** | **Куда поступает** | |
| 1 |  | | | усл. ед. | Зависит от исходных условий | Реальная квадратурная составляющая сигнала | В алгоритм формирования принятого сигнала | |
| 2 |  | | | усл. ед. | Зависит от исходных условий | Мнимая квадратурная составляющая сигнала | В алгоритм формирования принятого сигнала | |

### Описание последовательности выполнения алгоритма

Блок схема алгоритма формирования отраженного от участка картографирования сигнала представлена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 ‑ Схема алгоритма формирования отраженного сигнала

Последовательность выполнения алгоритма формирования отраженного сигнала.

Этапы, выполняемые однократно.

1. Чтение данных:

‑ координаты центра участка картографирования (,,);

‑ координаты БРЛС в середине интервала синтезирования апертуры   
(,,);

‑ скорость движения БРЛС ;

‑ ширина ДНА по углу места ;

‑ ширина ДНА по азимуту ;

‑ скорость распространения электромагнитной волны ;

‑ длина волны зондирующего сигнала ;

‑ длительность зондирующего импульса ;

‑ ширина спектра закона модуляции зондирующего сигнала ;

‑ период повторения импульсов ;

‑ мощность передатчика БРЛС .

1. Расчет наклонной дальности центра участка картографирования

 (1.1)

1. Расчет протяженности участка картографирования по дальности

 (1.2)

1. Расчет времени начала и окончания приема сигнала, отраженного от участка картографирования

 (1.7)

1. Расчет шага временной развертки по дальности

 (1.8)

1. Расчет временного интервала, соответствующего протяжённости по дальности, в пределы которой попадают импульсы, отраженные от любой точки участка картографирования

 (1.9)

1. Расчет энергетического коэффициента БРЛС

 (1.10)

 (1.11)

 (1.12)

Этапы, выполняемые каждый период повторения.

1. Чтение данных

‑ координаты текущего положения БРЛС для *k*-го периода повторения   
();

1. Расчет значения ДНА для центра участка картографирования

 (1.13)

1. Расчет текущей дальности для пространственного элемента, в котором находится фазовый центр антенной системы постановщика помех

 (1.14)

1. Расчет комплексного значения сигнала на частоте Доплера

 (1.15)

1. Расчет амплитудного множителя помехового сигнала

‑ плотность потока мощности на фланце приемной антенны постановщика помех:



‑ мощность сигнала на фланце приемной антенны постановщика помех



где  ‑ коэффициент усиления приемной антенны постановщика помех.

‑ мощность сигнала на выходе тракта ретрансляции



‑ мощность сигнала на фланце приемной антенны БРЛС



где  ‑ коэффициент усиления передающей антенны постановщика помех.

‑ амплитудный множитель



1. Расчет закона модуляции ЗС в *k*-ом зондировании

Временная развертка по дальности, смещенная в отрицательную область

 (1.17)

ЛЧМ импульс, преобразованный на видеочастоту

 (1.18)

 (1.19)

На рисунке \_\_ показан алгоритм моделирования положения импульса на временной развертке по дальности в *k*-ом зондировании.



Рисунок 1.4 ‑ Моделирование временного положения отраженного импульса на развертке по дальности: а) общая временная развертка по дальности; б) развертка, смещенная на  в отрицательную область; в) результат наложения смещенной временной развертки

Время задержки импульса, отраженного от элемента, в котором расположен постановщик помех, в *k*-ом зондировании составляет . На это значение временная развертка  смещается в отрицательную область и обозначается . На смещенной развертке с учетом условия  определяется положение импульса. Далее смещенная развертка с определенным положением импульса накладывается на общую временную развертку, тогда начало отраженного импульса соответствует времени задержки .

1. Расчет закона фазовой манипуляции для формирования помехового сигнала каналу дальности

Принцип формирования закона фазовой манипуляции отображает рисунок \_\_.



Рисунок \_\_ ‑ Формирование помеховой модуляции при периодической манипуляции фазы периодически 0 / π и по закону М-последовательности

1. Расчет закона фазовой манипуляции для формирования помехового сигнала каналу азимута

Принцип формирования закона фазовой манипуляции для канала азимута аналогичен принципу для канала дальности. Принципиальное отличие – в различных временных масштабах.

1. Формирование отраженного сигнала для *k*-го периода повторения

 (1.22)

Выходом алгоритма формирования отраженного сигнала являются реальная и мнимая квадратуры сигнала  рассчитываемые для каждого периода повторения.

### Пояснения к алгоритму

Аналитическое выражение, характеризующее дезинформирующую помеху ретрансляционного типа, имеет вид:

 (1.23)

где  ‑ «медленное» и «быстрое» время, которые в контексте РСА характеризуют изменение межпериодных и внутрипериодных параметров сигнала;

‑ амплитудный множитель необходимый для придания мощности помеховому сигналу. Данный множитель определяется энергетическими характеристиками постановщика помех;

 ‑ комплексный закон модуляции зондирующего сигнала;  ‑ огибающая сигнала;  ‑ комплексный множитель, учитывающий линейную частотную модуляцию зондирующего сигнала;  ‑ ширина спектра закона модуляции;  ‑ длительность одиночного импульса;  ‑ скорость распространения электромагнитной волны;

 ‑ отсчёт комплексного множителя, учитывающего постоянную начальную фазу отраженного импульса, обусловленную изменением радиальной скорости носителя БРЛС и постановщиком помех на интервале синтезирования (комплексный отсчет траекторного сигнала).

 ‑ закон модуляции ретранслируемого сигнала для формирования помехового сигнала для канала дальности в приемнике БРЛС;

 ‑ закон модуляции ретранслируемого сигнала для формирования помехового сигнала для канала азимут в приемнике БРЛС.

Кинематика движения БРЛС относительно участка картографирования представлена на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Кинематическая схема картографирования земной поверхности при переднебоковом обзоре в условиях формирования дезинформирующих помех (постановщик помех выделен красным)

Наклонная дальность центра участка картографирования и середина интервала синтезирования рассчитываются во время  = 0, когда ФЦА находится в начале системы координат ( = 0,  = 0) на высоте . Траектория движения БРЛС – прямолинейная с постоянной скоростью.

Постановщик помех задается пространственным элементом разрешения с координатами , , , а также энергетическими характеристиками: коэффициентом усиления тракта ретрансляции , мощностью передатчика  постановщика помех, шириной ДНА на передачу и прием.

Дезинформирующие помехи формируются за счет внутриимпульсной (для канала дальности) и межпериодной (для канала азимут) манипуляции фазы по двум основным законам:

‑ периодическому закону, когда фаза *периодически* меняется на значения 0 и π с периодом, определяемым длительностью элементарной посылки;

‑ псевдослучайному закону, когда фаза меняется на значения 0 и π с периодом, определяемым длительностью элементарной посылки, по закону М-последовательности.

Фазовая манипуляция ретранслируемого сигнала, должна быть *синхронизирована* с фронтом ретранслируемого сигнала. Отсутствие синхронизации приведет к накоплению некогерентного помехового сигнала в приемнике БРЛС, что в свою очередь значительно уменьшит энергетику помехи на выходе устройства когерентного накопления.

На рисунке \_\_ изображены квадратура ретранслируемого импульса с внутрипериодной фазовой манипуляцией и закон манипуляции фазы.



Рисунок \_\_ ‑ Фазоманипулированный импульс и закон модуляции фазы

Длительность импульса при моделировании составляет 6 мкс, период коммутации фазы – 0.06 мкс. Отсчет периода коммутации фазы начинается с приходом фронта ретранслируемого сигнала.

Результат воздействия фазоманипулированного сигнала в виде отклика согласованного фильтра в канале дальности, приведен на рисунке \_\_.



Рисунок \_\_ ‑ Выход устройства согласованной обработки канала дальности

Дезинформирующая помеха с периодической манипуляцией фазы по закону 0/π позволяет сформировать на выходе устройства согласованной обработки многочисленные отметки, расположенные на равных интервалах друг от друга. Длительность интервала между метками определяется периодом коммутации фазы в ретранслируемом сигнале.

Сигнал с фазовой псевдослучайной манипуляцией и закон модуляции приведены на рисунке \_\_.



Рисунок \_\_ ‑ Квадратура фазоманипулированного импульса и закон модуляции

Закон модуляции получен из М-последовательности с основанием 8. Длительность периода коммутации 0.03 мкс.

Результат воздействия фазоманипулированного сигнала в виде отклика согласованного фильтра в канале дальности, приведен на рисунке \_\_.



Рисунок \_\_ ‑ Выход устройства согласованной обработки при воздействии фазоманипулированной помехи с псевдослучайным законом