МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Радиотехнических

информационных систем

_____С.Ф. Боев

« ___ » _____ 2020 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

_____экзамен_____

(промежуточной аттестации: экзамен, зачет, курсовая работа или курсовой проект; практики: с указанием вида и типа практики; государственного экзамена)

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ»

Наименование дисциплины (для промежуточной аттестации)

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Типы задач профессиональной деятельности – проектный, научно-исследовательский

Разработаны в соответствии с рабочей программой «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы», утвержденной проректором по УР Майковой Э.Ю.

Разработчик: к.т.н., профессор кафедры РИС Кемайкин В.К.

Тверь 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_1__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Общая характеристика средств РЭБ.

Правильный ответ:

Средства радиационной электронной борьбы (РЭБ) представляют собой специализированные устройства и системы, предназначенные для защиты от радиоэлектронных атак, а также для проведения мероприятий, направленных на подавление, маскировку и защиту собственных радиоэлектронных средств. Эти средства имеют важное значение в современных боевых действиях и операциях, обеспечивая тактическое преимущество.

1. **Назначение и функции**:
    - **Подавление радиоэлектронных средств противника**: Средства РЭБ предназначены для подавления или дезориентации систем управления, связи и навигации противника.
    - **Защита собственных средств**: Защита от радиоэлектронных атак, включая действия по маскировке, использование помех и создание ложных целей.

- **Разведка и мониторинг**: Сбор информации о радиоэлектронной обстановке, анализ работы систем противника и оценка воздействия собственных средств.

2. **Классификация средств РЭБ**:
   - **По назначению**:
     - Средства активной защиты (например, системы помех).
     - Средства пассивной защиты (например, системы маскировки).
   - **По способу действия**:
     - Радиоэлектронные помехи (создание помех для затруднения работы систем противника).
     - Радиоразведка (сбор информации о радиосигналах).
     - Обнаружение и идентификация (определение типа и характеристик радиоэлектронных средств противника).
3. **Основные компоненты**:
   - **Антенны**: используются для приема и передачи радиосигналов.
   - **Передатчики**: генерируют помехи и искажают сигналы противника.
   - **Приемники**: обеспечивают сбор информации о радиосигналах и оценку состояния радиоэлектронной обстановки.
   - **Обработка информации**: Компьютерные системы для анализа и обработки собранных данных.
4. **Методы и технологии**:
   - **Создание активных помех**: Использование передатчиков для генерации сигналов, которые мешают работе систем противника.
   - **Имитационные технологии**: Создание ложных объектов и сигналов для дезинформации противника.
   - **Анализ спектра**: Мониторинг радиочастотного спектра для выявления и анализа сигналов.

5. **Применение**:
   - **Военные операции**: Использование средств РЭБ в ходе боевых действий для обеспечения безопасности и эффективности операций.
   - **Гражданская защита**: Применение в рамках обеспечения безопасности и защиты критически важных объектов (например, в аэропортах, на атомных электростанциях).
   - **Кибербезопасность**: Защита от угроз в области кибервойны, включая использование средств РЭБ для защиты информационных систем.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему станции РТР по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для разработки и обоснования структурной схемы станции радиотехнической разведки (РТР) по заданным тактико-техническим требованиям необходимо учесть следующие основные элементы:

1. **Антенно-фидерная система (АФС)**. Предназначена для приёма СВЧ-сигналов, излучаемых РЭС в диапазоне рабочих частот станции. К АФС предъявляются требования принимать сигналы целей в заданной пространственной зоне, обеспечивать требуемую дальность обнаружения и точность пеленгования излучающих целей, реализовывать поиск сигналов по направлению.
2. **Радиоприёмное устройство**.
3. **Блок измерения направления**.
4. **Система определения частоты (СОЧ) сигналов**.
5. **Система анализа**.
6. **Аппаратура индикации**.

При разработке функциональной схемы нужно выделить те узлы и элементы, которые характерны именно для решения заданных тактических задач. Также следует провести обоснование технических параметров каждого элемента и дать рекомендации по выбору принципиальной схемы.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать и провести анализ дальности действия станций РТР в области прямой радиовидимости.

Правильный ответ:

Для расчета дальности действия станций радиотехнической разведки (РТР) в области прямой радиовидимости можно использовать формулу, основанную на геометрии радиоволн и высоте антенн. В прямой радиовидимости дальность D рассчитывается по следующей формуле:

$$D = 3.57 \cdot (h_1^{0.5} + h_2^{0.5})$$

где:

- D — дальность действия в километрах,
- $h1$ — высота антенны передатчика в метрах,
- $h2$ — высота антенны приемника в метрах.

Пример расчета

Предположим, что высота антенны передатчика $h1$=30 метров, а высота антенны приемника $h2$=10 метров.

1. Подставим значения в формулу: $D = 3.57 \cdot (30^{0.5} + 10^{0.5})$
2. Рассчитаем корни:
- 300.5≈5.477,
- 100.5≈3.162.
3. Подставим значения в формулу:

$$D = 3.57 \cdot (5.477 + 3.162) \approx 3.57 \cdot 8.639 \approx 30.8 \text{ км}$$

Анализ дальности действия

1. **Влияние высоты антенн**: как видно из расчета, увеличение высоты антенн значительно увеличивает дальность действия. Например, если высота антенны передатчика увеличится до 50 метров, то:
   - $D=3.57\cdot(50^{0.5}+10^{0.5})$
   - $50^{0.5}\approx7.071$
   - $D\approx3.57\cdot(7.071+3.162)\approx3.57\cdot10.233\approx36.5$ км.
2. **Прямой радиовидимость**: Дальность действия в области прямой радиовидимости ограничена кривизной Земли. Поэтому для достижения максимальной дальности следует учитывать рельеф местности и наличие препятствий, таких как здания или горы.
3. **Атмосферные условия**: Атмосферные условия, такие как влажность, температура и наличие ионосферы, могут также влиять на распространение радиоволн и, следовательно, на дальность действия.
4. **Тип антенн и их характеристики**: Использование антенн с направленным излучением может значительно увеличить дальность действия за счет улучшения коэффициента усиления. Например, параболические антенны могут обеспечить значительное увеличение дальности.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор_____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_2__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Методы определения координат источников радиоизлучения станциями радиотехнической разведки.

Правильный ответ:

Определение координат источников радиоизлучения является одной из ключевых задач радиотехнической разведки (РТР). Существует несколько методов, которые могут быть использованы для этой цели. Рассмотрим основные из них:

1. Метод триангуляции

Триангуляция — это метод, основанный на измерении углов и расстояний от нескольких фиксированных точек (приемников) до источника излучения.

- **Принцип работы**: Станции РТР, расположенные в известных координатах, принимают сигнал от источника. Измеряя углы между линиями, соединяющими станции и источник, можно построить треугольник. Пересечение линий, проведенных из каждой станции в направлении источника, указывает на его местоположение.

- **Преимущества**: Высокая точность при наличии достаточного количества станций и хорошей видимости.
- **Недостатки**: требует наличия трех и более станций, что может быть затруднительно в условиях ограниченного пространства.

2. Метод времени прихода сигнала (TOA)

Метод времени прихода (Time of Arrival, TOA) основывается на измерении времени, за которое радиосигнал проходит от источника до приемника.

- **Принцип работы**: Приемники, расположенные в известных координатах, фиксируют момент прихода сигнала. Зная скорость распространения радиоволн, можно вычислить расстояние до источника. С помощью трех и более приемников можно определить координаты источника по пересечению окружностей, радиусы которых равны расстоянию до источника.
- **Преимущества**: не требует угловых измерений, может использоваться в условиях плохой видимости.
- **Недостатки**: Высокая точность требует синхронизации времени между приемниками, что может быть сложно реализовать.

3. Метод разности времени прихода сигнала (TDOA)

Метод разности времени прихода (Time Difference of Arrival, TDOA) также основывается на измерении времени, но вместо абсолютного времени учитывает разницу времени прихода сигнала к нескольким приемникам.

- **Принцип работы**: Приемники фиксируют момент прихода сигнала и определяют разницу во времени его прихода. На основе этих разностей можно построить гиперболоиды, пересечение которых дает координаты источника.
- **Преимущества**: Не требует синхронизации времени, что делает его более устойчивым к ошибкам.

- **Недостатки**: Необходимость в большом количестве приемников для получения точных координат.

4. Метод фазового сравнения

Метод фазового сравнения использует различия в фазах принимаемого сигнала на нескольких антеннах.

- **Принцип работы**: Приемники фиксируют фазы сигналов, поступающих от источника. Различия в фазах позволяют определить направление на источник. С помощью нескольких антенн можно определить его местоположение.
- **Преимущества**: Высокая точность при определении направления.
- **Недостатки**: Чувствительность к шумам и искажениям, требует наличия качественных приемников.

5. Метод активной радиолокации

Метод активной радиолокации включает в себя использование радиолокационных станций, которые излучают сигналы и фиксируют отражения от объектов.

- **Принцип работы**: Станции РТР излучают сигнал, который отражается от источника. По времени, за которое сигнал возвращается, можно определить расстояние до источника, а также его координаты.
- **Преимущества**: Возможность обнаружения источников, которые не работают на прием.
- **Недостатки**: может быть замечен источником, что делает его менее скрытным.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему станции РЭБ по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для разработки структурной схемы станции радиационной электронной борьбы (РЭБ) необходимо учитывать тактико-технические требования, которые могут включать в себя диапазон частот, мощность, мобильность, типы проводимых операций (подавление, разведка, защита) и другие параметры.

Тактико-технические требования

1. **Диапазон частот**: Станция должна работать в диапазоне от 1 МГц до 40 ГГц, чтобы охватывать все возможные радиосигналы.
2. **Мощность**: Минимальная выходная мощность — 100 Вт, оптимально — до 1 кВт.
3. **Типы операций**:
   - Подавление радиосигналов противника.
   - Разведка и мониторинг радиосигналов.
   - Защита собственных средств от радиоэлектронных атак.
4. **Мобильность**: Станция должна быть мобильной и иметь возможность установки на автомобиле или в контейнере.
5. **Обработка информации**: Автоматизированная система для фильтрации и анализа данных в реальном времени.
6. **Интерфейсы**: Наличие интерфейсов для подключения к внешним системам управления и обмена данными.

Структурная схема станции РЭБ

На основе заданных тактико-технических требований можно предложить следующую структурную схему станции РЭБ:

Станция РЭБ

1. Антенны

- Директивные антенны для точного подавления и разведки
- Широкополосные антенны для общей радиосигнальной обстановки

2. Блок обработки сигналов

- Приемники (в том числе АЦП для аналоговых сигналов)

- Анализаторы спектра
- Блоки генерации помех

3. Блок обработки данных
- Компьютерные системы для обработки и анализа данных
- Алгоритмы фильтрации и идентификации

4. Система управления
- Интерфейсы управления станцией
- Визуализация данных (дисплеи, графики)

5. Система питания и охлаждения
- Источники питания
- Системы охлаждения для оборудования

Обоснование структуры

1. **Антенны**: Использование директивных антенн позволяет точно направлять мощные помехи на источники излучения противника. Широкополосные антенны обеспечивают возможность мониторинга радиосигналов в широком диапазоне частот.
2. **Блок обработки сигналов**: Этот блок включает приемники и анализаторы спектра, которые позволяют эффективно обрабатывать входящие сигналы. Генераторы помех создают сигнал, который затрудняет работу радиоэлектронных средств противника.
3. **Блок обработки данных**: Компьютерные системы с алгоритмами фильтрации и идентификации позволяют автоматически обрабатывать данные, предоставляя операторам информацию о радиосигналах и состоянии радиоэлектронной обстановки. Это увеличивает скорость принятия решений и эффективность операций.
4. **Система управления**: Наличие интерфейсов для управления и визуализации данных обеспечивает удобное взаимодействие оператора с

системой, что позволяет быстро реагировать на изменения и принимать решения.

5. **Система питания и охлаждения**: Обеспечение надежного питания и охлаждения критично для стабильной работы оборудования, особенно в полевых условиях, где температура и доступ к электроэнергии могут быть ограничены.

3**. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:**

Оценить точность определения координат станцией РТР по заданным исходным данным.

Правильный ответ:

Для оценки точности определения координат источников радиоизлучения станцией радиотехнической разведки (РТР) необходимо учитывать метод, используемый для определения координат, а также исходные данные, на основании которых производится расчет.

Исходные данные

1. **Метод определения координат**: Например, можно использовать метод триангуляции, метод времени прихода (TOA), метод разности времени прихода (TDOA) или метод фазового сравнения.
2. **Координаты приемников**: Необходимо знать точные координаты (широта и долгота) приемников, которые принимают сигнал от источника.
3. **Точность измерений**: Важно учитывать точность измерений, таких как:
   - Угловые измерения (для триангуляции).
   - Временные задержки (для TOA и TDOA).
   - Фазовые различия (для фазового сравнения).
4. **Сигналы и шумы**: Уровень радиошумов и помех, которые могут повлиять на качество принимаемого сигнала.

Оценка точности для различных методов

1. Метод триангуляции

Для определения точности при триангуляции можно использовать формулу, основанную на угловой точности:

$$\Delta D = \frac{D}{\tan(\alpha/2)}$$

где:

- ΔD — ошибка в определении расстояния до источника,
- D — расстояние от приемников до источника,
- α — угол между линиями, соединяющими приемники и источник (в градусах).

Увеличение угла α приводит к снижению ошибки.

2. Метод времени прихода (TOA)

Точность этого метода определяется следующим образом:

$\Delta D = c \cdot \Delta t$,

где:

- ΔD — ошибка в определении расстояния,
- c — скорость света (приблизительно 3×108 м/с),
- Δt — ошибка в измерении времени.

Например, если ошибка в измерении времени составляет 1 мс, то:

$$\Delta D = 3 \times 10^8 \text{ м/с} \cdot 1 \times 10^{-3} \text{ s} = 300 \text{ м}.$$

3. Метод разности времени прихода (TDOA)

Точность в этом методе также зависит от разности времени прихода сигналов:

$$\Delta D = c \cdot \Delta t_{ij}$$

где Δtij — разница времени прихода сигнала к приемникам i и j.

Если разница составляет 0.5 мс, то:

$$\Delta D = 3 \times 10^8 \text{ м/с} \cdot 0.5 \times 10^{-3} \text{ s} = 150 \text{ м}$$

4. Метод фазового сравнения

Точность определения направления может быть оценена с учетом длины волны:

$$\Delta D = \frac{\lambda}{2}$$

где λ — длина волны. Например, для радиосигнала с частотой 1 ГГц длина волны будет:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8\,\text{м/с}}{1 \times 10^9\,\text{Гц}} = 0.3\,\text{м}.$$

Таким образом, ошибка в определении направления составит около 0.15 м.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор ___ _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_3__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Дальность действия станций радиотехнической разведки в зонах прямой радиовидимости, дифракции и дальнего тропосферного распространения.

Правильный ответ:

Дальность действия станций радиотехнической разведки (РТР) зависит от условий распространения радиоволн, которые могут быть разделены на три основные зоны: прямую радиовидимость, дифракцию и дальнее тропосферное распространение. Рассмотрим каждую из этих зон подробнее.

1. Зона прямой радиовидимости

Прямая радиовидимость — это режим, при котором радиоволны распространяются по прямой линии от передатчика к приемнику. В этой зоне сигнал достигает приемника без значительных преград, таких как здания или рельеф местности.

Формула для расчета дальности действия:

$$D = 3.57 \cdot (h_1^{0.5} + h_2^{0.5})$$

где:

- D — дальность действия в километрах,
- $h1$ — высота антенны передатчика в метрах,
- $h2$ — высота антенны приемника в метрах.

Пример: Если высота антенны передатчика $h1$=30 м и высота антенны приемника $h2$=10 м, то:

$$D = 3.57 \cdot (30^{0.5} + 10^{0.5}) \approx 3.57 \cdot (5.48 + 3.16) \approx 30.8 \text{ км}.$$

2. Зона дифракции

Дифракция — это явление, при котором радиоволны могут огибать препятствия, такие как здания или рельеф местности. Это позволяет радиосигналам достигать приемников, находящихся за преградами.

Формула для оценки дальности в условиях дифракции:

Дальность действия в условиях дифракции может быть оценена с учетом высоты препятствий и эффективной высоты антенн:

$$D_{dif} \approx k \cdot (h_1 + h_2 - h_p)$$

где:

- $Ddif$ — дальность действия в условиях дифракции,
- k — коэффициент, зависящий от условий местности (обычно от 0.5 до 1.0),
- hp — высота препятствия.

Пример: Если высота антенны передатчика $h1$=30 м, высота антенны приемника $h2$=10 м, и высота препятствия hp=50 м, предположим k=0.8:

$Ddif \approx 0.8 \cdot (30+10-50) = 0.8 \cdot (-10)$ (что не имеет смысла).

В этом случае сигнал не сможет пройти из-за высокого препятствия. Если препятствие ниже, например, hp=20 м, тогда:

$$D_{dif} \approx 0.8 \cdot (30 + 10 - 20) = 0.8 \cdot 20 = 16 \text{ км}.$$

3. Зона дальнего тропосферного распространения

Дальнее тропосферное распространение — это режим, при котором радиоволны отражаются от тропосферы, что позволяет значительно увеличить дальность действия. Этот режим особенно актуален для высоких частот (HF).

Формула для оценки дальности:

Дальность действия может быть оценена с учетом кривизны Земли и отражающих свойств тропосферы:

$$D_{tro} = 4 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2},$$

где:

- $Dtro$ — дальность действия в километрах,
- $h1$ — высота антенны передатчика в метрах,
- $h2$ — высота антенны приемника в метрах.

Пример: Если высота антенны передатчика $h1$=30 м и высота антенны приемника $h2$=10 м, тогда:

$$D_{tro} = 4 \cdot \sqrt{30 \cdot 10} = 4 \cdot \sqrt{300} \approx 4 \cdot 17.32 \approx 69.28 \text{ км}.$$

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему станции имитационных помех импульсным РЛС по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Тактико-технические требования

1. Частотный диапазон: Станция должна работать в диапазоне частот, соответствующем целевым РЛС (например, от 1 ГГц до 18 ГГц).
2. Тип помех: Имитационные помехи могут быть как активными (излучение сигналов), так и пассивными (создание помех путем отражения).
3. Мощность излучения: Должна быть достаточной для подавления или затруднения работы целевых РЛС, но в пределах допустимых норм.

4. Режимы работы: Возможность работы в различных режимах, таких как имитация целей, подавление, маскировка и др.
5. Автоматизация: Система должна быть автоматизированной для быстрого реагирования на изменения в обстановке.

Структурная схема станции имитационных помех

1. Антенна:
   - Высокочастотная антенна для излучения и приема сигналов.
   - Возможна использование фазированной антеннной решетки для управления направленностью.
2. Генератор сигналов:
   - Устройство для генерации различных типов сигналов.
   - Может включать программируемые генераторы, которые позволяют изменять параметры сигналов в реальном времени.
3. Модулятор:
   - Устройство для модуляции сигналов (например, амплитудная, частотная или импульсная модуляция).
   - Позволяет создавать разнообразные имитационные сигналы, адаптированные под конкретные целевые РЛС.
4. Усилитель мощности:
   - Увеличивает уровень выходного сигнала до необходимого значения для эффективного подавления РЛС.
   - Должен работать в заданном частотном диапазоне с малым уровнем искажений.
5. Система управления и мониторинга:
   - Позволяет управлять работой всех компонентов станции.

    - Включает системы автоматического анализа обстановки, что позволяет адаптировать параметры сигналов в зависимости от действий противника.
6. Приемник:
    - Для анализа отраженных сигналов и определения эффективности работы станции.
    - Позволяет контролировать частоту, мощность и другие параметры сигналов, излучаемых целевыми РЛС.
7. Блок обработки данных:
    - Обработка информации о целевых сигналах и настройка параметров генерации помех.
    - Хранение данных для дальнейшего анализа.
8. Электропитание:
    - Обеспечение стабильной работы всех компонентов станции.

Обоснование структуры

- Антенна необходима для эффективного излучения и приема сигналов, что критично для имитационных помех.
- Генератор сигналов и модулятор обеспечивают разнообразие помех, что делает систему адаптивной к различным видам РЛС.
- Усилитель мощности необходим для достижения нужных уровней сигнала, чтобы помехи могли эффективно подавлять целевые РЛС.
- Система управления обеспечивает автоматизацию процесса, что позволяет оперативно реагировать на изменения в обстановке.
- Приемник и блок обработки данных нужны для анализа результатов работы и оптимизации параметров помех в реальном времени.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Оценить влияние источников погрешностей точность определения координат станцией РТР.

Правильный ответ:

1. **Погрешности измерений**:
    - **Погрешности антенн**: Неидеальная направленность антенн и их характеристики могут приводить к искажению принимаемых сигналов, что в свою очередь влияет на точность определения координат.
    - **Ошибки в измерении времени**: Время, необходимое для прохождения сигнала, критично для определения расстояния до объекта. Ошибки в синхронизации могут значительно исказить результаты.
    - **Атмосферные условия**: Изменения температуры, влажности и давления могут влиять на скорость распространения радиоволн, что приводит к ошибкам в вычислении расстояний.
2. **Погрешности обработки сигналов**:
    - **Шумы**: Влияние внешних и внутренних шумов (например, электромагнитных помех) может затруднить распознавание сигналов и привести к ошибкам.
    - **Алгоритмы обработки**: Эффективность используемых алгоритмов для анализа и обработки сигналов также может повлиять на точность определения координат. Неправильные алгоритмы могут привести к систематическим ошибкам.
3. **Ошибки геометрической привязки**:
    - **Неправильные координаты базовых станций**: если координаты базовых станций, на которые опирается система, определены с ошибками, это будет непосредственно влиять на итоговые результаты.

- **Кривизна Земли**: на больших расстояниях необходимо учитывать кривизну Земли, что может приводить к дополнительным погрешностям.

4. **Человеческий фактор**:
    - **Ошибки оператора**: Неправильное использование оборудования, неправильная интерпретация данных могут также снижать точность.

Оценка влияния погрешностей

Для оценки влияния различных источников погрешностей на точность определения координат можно использовать методы математической статистики и моделирования. Основные шаги:

1. **Классификация погрешностей**: Определение погрешностей как систематических и случайных. Систематические погрешности можно попытаться устранить или минимизировать, тогда как случайные — учесть в статистическом анализе.
2. **Математическая модель**:
    - Создание модели, описывающей процесс определения координат, включая все источники погрешностей.
    - Использование методов, таких как метод наименьших квадратов, для оценки и минимизации погрешностей.
3. **Статистический анализ**:
    - Проведение симуляций для оценки влияния различных источников погрешностей.
    - Анализ полученных данных для определения вероятностного распределения ошибок.
4. **Оценка точности**:
    - Определение максимальных и минимальных значений возможных ошибок.

- Рассмотрение вероятности достижения заданной точности (например, 95% доверительный интервал).

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой ИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_4__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Точность определения координат источников радиоизлучения станциями радиотехнической разведки.

Правильный ответ:

Точность определения координат источников радиоизлучения станциями радиотехнической разведки (РТР) зависит от множества факторов, которые могут влиять на качество и надежность получаемых данных. Рассмотрим основные аспекты, влияющие на эту точность.

Основные факторы, влияющие на точность определения координат

1. **Тип используемой системы**:
   - **Triangulation (треангуляция)**: использует два или более приемников для определения местоположения источника. Точность зависит от углов между линиями, соединяющими приемники и источник.
   - **TDOA (Time Difference of Arrival)**: Определение координат по разнице времени прихода сигнала на несколько приемников.

Погрешности в синхронизации могут существенно влиять на точность.

2. **Параметры антенн**:
    - **Направленность антенн**: Высокая направленность увеличивает точность, так как позволяет лучше локализовать источник.
    - **Частотные характеристики**: Разные частоты могут иметь разные уровни затухания и искажений в зависимости от окружающей среды.
3. **Атмосферные условия**:
    - **Температура, давление и влажность**: Эти факторы влияют на скорость распространения радиоволн, что может вызвать ошибки в определении расстояний до источника.
    - **Метеорологические явления**: Дождь, снег, туман и другие условия могут привести к дополнительным потерям сигнала.
4. **Качество оборудования**:
    - **Чувствительность и разрешающая способность приемников**: Более чувствительное оборудование может выявить слабые сигналы, что улучшает точность.
    - **Калибровка**: Регулярная калибровка оборудования необходима для поддержания точности.
5. **Алгоритмы обработки сигналов**:
    - **Методы фильтрации и алгоритмы обработки**: Эффективные алгоритмы могут минимизировать шум и увеличить точность определения координат.
    - **Использование статистических методов**: Методы, такие как фильтрация Калмана, могут быть использованы для улучшения оценок положения.
6. **Человеческий фактор**:

- **Ошибки оператора**: Неправильная интерпретация данных или ошибки в настройках оборудования могут привести к снижению точности.

Оценка точности

1. **Методы оценки**:
   - **Статистические методы**: Использование стандартного отклонения и доверительных интервалов для оценки погрешностей.
   - **Сравнение с известными координатами**: Проведение тестов с заранее известными местоположениями источников для оценки точности.
2. **Параметры точности**:
   - **Вероятностные модели**: Определение вероятности успешного определения координат в зависимости от условий.
   - **Погрешности в системах координат**: Анализ погрешностей при переходе между различными системами координат (например, из географических в прямоугольные).

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему каналов измерения угловых координат РЛС.

Правильный ответ:

Для разработки и обоснования структурной схемы каналов измерения угловых координат радиолокационной станции (РЛС) важно учитывать основные компоненты и их функции. Основная задача РЛС — определение угловых координат объектов (азимут и угол места) с высокой точностью и надежностью.

Структурная схема каналов измерения угловых координат РЛС

1. **Антеннный комплекс**:

- **Фазированная антеннная решетка**: позволяет быстро изменять направленность без механического поворота, обеспечивая высокую скорость сканирования и возможность формирования направленного луча.
- **Ротационная антенна** (в случае использования механического сканирования): обеспечивает 360-градусное покрытие в горизонтальной плоскости.

2. **Системы наведения**:
   - **Сервоприводы**: обеспечивают точное управление углом поворота антенны (горизонтальный и вертикальный).
   - **Датчики положения**: Использование инклинометров и энкодеров для точного измерения углов поворота антенны.
3. **Канал измерения углов**:
   - **Измерительные устройства**: Датчики, фиксирующие углы (например, оптические или индуктивные датчики).
   - **Фазовые сравнения**: Использование методов фазового сравнения для определения угловых координат на основе полученных сигналов.
4. **Приемный блок**:
   - **Приемник**: Устройство, принимающее отраженные сигналы от объектов.
   - **Демодулятор**: обрабатывает сигналы, выделяя полезную информацию для дальнейшего анализа.
5. **Обработка данных**:
   - **Анализатор сигналов**: обрабатывает полученные данные, включая фильтрацию шумов и коррекцию погрешностей.

- **Алгоритмы определения координат**: Использование математических моделей для вычисления угловых координат на основе полученной информации.

6. **Система управления**:
   - **Контроллер**: Устройство, отвечающее за управление сервоприводами и обработку данных от датчиков положения.
   - **Интерфейс оператора**: позволяет оператору контролировать параметры системы и получать информацию о текущих угловых координатах.
7. **Хранение и вывод данных:**
   - **Блок памяти**: для хранения результатов измерений и данных для последующего анализа.
   - **Вывод данных**: Отображение информации на дисплее или передача данных на внешние устройства для дальнейшей обработки.

Обоснование структуры

1. **Антеннный комплекс**: Фазированная антеннная решетка позволяет быстро и точно наводить луч на объект, что критично для определения угловых координат. Это значительно увеличивает скорость обработки информации и улучшает реакцию на изменения в ситуации.
2. **Системы наведения и датчики**: Использование высококачественных датчиков и сервоприводов обеспечивает высокую точность и надежность в управлении углами антенны, минимизируя ошибки позиционирования.
3. **Канал измерения углов**: Эффективные измерительные устройства и методы фазового сравнения позволяют точно определять углы на основе анализа сигналов, что является ключевым для вычисления координат объектов.

4. **Приемный блок**: Приемник и демодулятор необходимы для качественного приема и обработки сигналов, что напрямую влияет на точность измерений.
5. **Обработка данных**: Эффективные алгоритмы анализа и фильтрации сигналов позволяют минимизировать влияние шумов и повысить точность определения координат.
6. **Система управления**: Контроллер и интерфейс оператора обеспечивают удобство работы и контроль за всей системой, что позволяет быстро реагировать на изменения.
7. **Хранение и вывод данных**: Наличие блока памяти и системы вывода данных необходимо для анализа результатов и принятия решений на основе полученных координат.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать коэффициент снижения заметности целей от их формы (шар, конус, квадрат) при широкополосном зондирующем сигнале.

Правильный ответ:

Коэффициент снижения заметности

Коэффициент снижения заметности (K) можно рассчитать по формуле:

$$K = \frac{\sigma_0}{\sigma}$$

где:

- σ_0 — эффективная площадь рассеяния идеального (максимально заметного) объекта (например, плоский квадрат),
- σ — эффективная площадь рассеяния целевой формы (шар, конус, квадрат).
-

Эффективная площадь рассеяния для различных форм

1. **Шар**: Эффективная площадь рассеяния для шара радиусом *R* может быть рассчитана как:

$$\sigma_{sphere} = \pi R^2$$

2. **Конус**: Эффективная площадь рассеяния для конуса с основанием радиусом *R* и высотой *h* может быть приближенно оценена как:

$$\sigma_{cone} \approx \frac{1}{2}\pi R^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right)$$

   При малых углах между направлением зонда и осью конуса, можно использовать формулу для плоской поверхности.

3. **Квадрат**: Эффективная площадь рассеяния для квадратного объекта со стороной *a*:

$$\sigma_{square} = a^2$$

Пример расчета

Допустим, у нас есть следующие размеры объектов:

- Шар: радиус *R*=1 м
- Конус: радиус основания *R*=1 м, высота *h*=2 м
- Квадрат: сторона *a*=1 м

Теперь рассчитаем *σ* для каждой формы:

1. **Шар**: $\sigma_{sphere} = \pi R^2 = \pi(1^2) = \pi \approx 3.14\,\text{м}^2$
2. **Конус**: $\sigma_{cone} \approx \frac{1}{2}\pi R^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right) = \frac{1}{2}\pi(1^2)\left(1 + \frac{2}{1}\right) = \frac{1}{2}\pi(3) = \frac{3\pi}{2} \approx 4.71\,\text{м}^2$
3. **Квадрат**: $\sigma_{square} = a^2 = (1^2) = 1\,\text{м}^2$

Рассчитаем коэффициенты снижения заметности

1. Для шара: $K_{sphere} = \frac{\sigma_0}{\sigma_{sphere}} = \frac{1}{\pi} \approx 0.318$

2. Для конуса: $$K_{cone} = \frac{\sigma_0}{\sigma_{cone}} = \frac{1}{\frac{3\pi}{2}} = \frac{2}{3\pi} \approx 0.212$$
3. Для квадрата: $$K_{square} = \frac{\sigma_0}{\sigma_{square}} = \frac{1}{1} = 1$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_5__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Режимы поиска источника радиоизлучения по частоте в станциях радиотехнической разведки.

Правильный ответ:

Режимы поиска источника радиоизлучения по частоте в станциях радиотехнической разведки (РТР) могут быть разнообразными и зависят от задач, которые необходимо решить, а также от характеристик сигналов и используемого оборудования. Рассмотрим основные режимы поиска:

1. Сканирование по частоте (Frequency Scanning)

Этот режим включает последовательное изменение частоты и мониторинг сигналов в диапазоне. Существует несколько подходов к сканированию по частоте:

- **Линейное сканирование**: принимаются сигналы последовательно по заданному диапазону частот. Этот метод прост, но может занять много времени, особенно при большом диапазоне.

- **Сканирование с переменной скоростью**: Частота изменяется неравномерно в зависимости от ожидаемой плотности сигналов. Например, можно увеличить скорость сканирования в областях, где ожидается высокая вероятность обнаружения.
- **Адаптивное сканирование**: использует информацию о предыдущих обнаружениях для изменения стратегии сканирования, например, сужая диапазон частот в месте, где был зафиксирован сигнал.

2. Многочастотное сканирование (Multifrequency Scanning)

В этом режиме одновременно ведется прием сигналов на нескольких частотах. Это может быть реализовано с помощью:

- **Многофункциональных приемников**: Приемники, способные обрабатывать несколько частот одновременно, что позволяет быстрее обнаруживать источники.
- **Системы с несколькими антеннами**: Использование нескольких антенн, настроенных на разные частоты, что увеличивает вероятность обнаружения.

3. Спектральный анализ (Spectral Analysis)

Этот режим включает анализ спектра принимаемого сигнала для выявления частотных компонентов. Спектральный анализ может включать:

- **FFT (Быстрое преобразование Фурье)**: Применение алгоритмов для преобразования временного сигнала в частотный спектр, что позволяет выявить присутствие сигналов на разных частотах.
- **Анализ временной зависимости**: Использование временных характеристик сигнала для выявления периодических сигналов и их частот.

4. Детектирование по изменению частоты (Frequency Change Detection)

Этот режим основан на обнаружении изменений в частоте сигнала, что может указывать на присутствие источника радиопередачи. Это может быть полезно

для обнаружения маневрирующих объектов или источников, которые изменяют свои параметры.

5. Режимы с использованием помех (Interference Modes)

Использование активных или пассивных методов для создания помех или анализа помех, создаваемых другими источниками, что может помочь в выявлении и локализации источников радиоизлучения.

6. Селективный поиск (Selective Search)

Этот режим включает в себя фильтрацию и выбор конкретных частот или диапазонов частот для мониторинга на основе информации о предполагаемых источниках. Например, если известно, что источник может излучать в определенном диапазоне частот, то сканирование может быть сосредоточено на этом диапазоне.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему многолучевой антенной решетки в системах РЭБ.

Правильный ответ:

Многолучевая антенная решетка (МАР) используется в системах РЭБ для целей обнаружения, подавления и помехового воздействия на радиосигналы противника. Основная идея заключается в том, что антенная решетка формирует несколько направленных лучей, что позволяет одновременно работать в нескольких направлениях и частотах.

Основные компоненты структурной схемы МАР

1. **Антенная решетка**:
    - **Фазированные антенны**: Множество отдельных антенн, объединенных в решетку. Каждая антенна может быть управляемой, что позволяет изменять фазу сигнала и формировать направленные лучи.

- **Типы антенн**: могут использоваться различные типы антенн, такие как параболические, дипольные или многослойные антенны.

2. **Система управления**:
   - **Контроллер**: Центральный процессор, управляющий работой антенн. Он отвечает за настройку фаз и амплитуд сигналов, что позволяет формировать лучи в нужных направлениях.
   - **Интерфейс управления**: Удобный интерфейс для оператора, позволяющий настраивать параметры работы системы и контролировать ее состояние.
3. **Блоки обработки сигналов**:
   - **Приемный блок**: обрабатывает входящие сигналы от антенн, фильтрует и детектирует интересующие сигналы.
   - **Анализатор спектра**: позволяет анализировать частотные характеристики сигналов, определять их источник и параметры.
4. **Система генерации сигналов**:
   - **Генераторы сигналов**: используются для создания помеховых сигналов, которые могут подавлять радиосигналы противника.
   - **Модуляторы**: обеспечивают модуляцию сигналов для создания различных форм помех (например, шум, импульсы, частотные помехи).
5. **Канал передачи данных**:
   - **Интерфейсы передачи**: используются для передачи данных между компонентами системы, обеспечивая высокую скорость и надежность.
   - **Системы сбора данных**: позволяют собирать информацию о работе системы и результатах операций.
6. **Элементы обработки информации**:

- **Алгоритмы обработки сигналов**: обеспечивают фильтрацию, анализ и интерпретацию полученных данных.
- **Системы машинного обучения**: могут быть использованы для повышения эффективности обработки сигналов и обнаружения источников излучения.

7. **Энергетическое обеспечение**:
    - **Блоки питания**: обеспечивают необходимое энергоснабжение для всех компонентов системы.
    - **Системы резервного питания**: гарантируют бесперебойную работу даже в случае отключения основного источника питания.

Обоснование структуры

1. **Многолучевая антенная решетка**:
    - Позволяет одновременно работать в нескольких направлениях, что увеличивает эффективность обнаружения и подавления сигналов противника.
    - Фазированная антенная решетка обеспечивает возможность быстрой перенастройки направленности лучей, что критично для действий в динамичных условиях.
2. **Система управления**:
    - Централизованное управление позволяет эффективно координировать работу всех антенн и блоков обработки сигналов, что способствует повышению общей эффективности системы.
3. **Блоки обработки сигналов**:
    - Эффективная обработка сигналов необходима для быстрого реагирования на действия противника, а также для определения параметров радиосигналов и принятия решений по их подавлению.
4. **Система генерации сигналов**:

- Возможность создания различных помеховых сигналов позволяет адаптироваться к различным условиям и типам радиосигналов, что увеличивает шансы на успешное подавление.

5. **Канал передачи данных**:
    - Высокоскоростные интерфейсы передачи данных необходимы для обеспечения быстрой обработки и реакции на изменения в радио среде.
6. **Элементы обработки информации**:
    - Алгоритмы обработки и системы машинного обучения позволяют не только фильтровать сигналы, но и адаптироваться к новым условиям, повышая эффективность работы системы.
7. **Энергетическое обеспечение**:
    - Обеспечение надежной работы системы даже в условиях отключения основного питания критично для ее функционирования в условиях боевых действий.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать требуемую чувствительность аппаратуры пассивной радиолокационной головки самонаведения по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для расчета требуемой чувствительности аппаратуры пассивной радиолокационной головки самонаведения (ГСН) необходимо учитывать следующие параметры и формулы:

Основные параметры

1. **Диапазон обнаружения цели (R)** - расстояние, на котором ГСН должна обнаружить цель. Обозначим его как *R*.

2. **Мощность радиосигнала (P_t)** - мощность, излучаемая источником (например, радиолокационной станцией).
3. **Чувствительность приемника (S_min)** - минимальный уровень сигнала, который приемник может обнаружить. Это значение мы и будем рассчитывать.
4. **Усиление антенны (G)** - усиление антенны, как передающей, так и приемной, в дБ.
5. **Потери в системе (L)** - потери в системе, включая потери на пути распространения сигнала, которые могут выражаться в дБ.
6. **Шумовая температура (T_n)** - температура шума в системе, обычно принимается равной 290 K (стандартная температура для теплового шума).

Формулы

1. **Эффективная площадь рассеяния (RCS)**:

   Для простоты расчетов можно взять эффективную площадь рассеяния цели σ в метрах квадратных. Например, для истребителя это может быть в пределах 1-10 м², в зависимости от его размеров и формы.

2. **Уровень сигнала на выходе приемника**:

   Уровень сигнала, который достигает приемника, можно рассчитать по формуле:

   $$P_r = P_t + G_t + G_r - L - 20\log_{10}(R) - 20\log_{10}(f) - 147.55$$

   где:

   - Pr — уровень принимаемого сигнала в дБм,
   - Pt — мощность передаваемого сигнала в дБм,
   - Gt — усиление передающей антенны в дБ,
   - Gr — усиление приемной антенны в дБ,
   - L — потери в системе в дБ,
   - R — расстояние до цели в метрах,

- f — частота в МГц (для преобразования в дБ используется 20 логарифм от частоты),
- 147.55 — поправка для учета расстояния и частоты.

3. **Чувствительность приемника**:

   Чувствительность приемника может быть выражена как: $S_{min} = k \cdot T_n \cdot B$

   где:

   - *Smin* — чувствительность в Вт,
   - k — постоянная Больцмана (1.38×10^{-23} Дж/К),
   - *Tn* — шумовая температура (в К),
   - B — полоса пропускания приемника (в Гц).

Пример расчета

Предположим, что у нас есть следующие данные:

- Мощность передаваемого сигнала *Pt*=100 Вт (*Pt*=20 дБм).
- Усиление передающей антенны *Gt*=30 дБ.
- Усиление приемной антенны *Gr*=30 дБ.
- Потери в системе *L*=3 дБ.
- Расстояние до цели *R*=1000 м.
- Частота *f*=1 ГГц (или 1000 МГц).
- Эффективная площадь рассеяния цели σ=10 м².

1. **Расчет уровня принимаемого сигнала**

Подставим значения в формулу для *Pr*:

$$P_r = 20 + 30 + 30 - 3 - 20\log_{10}(1000) - 20\log_{10}(1000) - 147.55$$

Поскольку $20\log_{10}(1000) = 60$:

$$P_r = 20 + 30 + 30 - 3 - 60 - 60 - 147.55 = -190.55 \text{ дБм}$$

2. **Расчет чувствительности приемника**

Предположим, что полоса пропускания приемника *B*=1МГц=106Гц:

$$S_{min} = k \cdot T_n \cdot B$$

$$S_{min} = 1.38 \times 10^{-23} \cdot 290 \cdot 10^{6}$$

$$S_{min} \approx 3.97 \times 10^{-15}\,\text{Вт}$$

Теперь переведем в дБм:

$$S_{min} \approx 10 \log_{10}(3.97 \times 10^{-15}) \approx -14.03\,\text{дБм}$$

Таким образом, для обеспечения обнаружения цели на расстоянии 1000 м с заданными параметрами, чувствительность аппаратуры пассивной радиолокационной головки самонаведения должна быть не хуже, чем −14.03дБм. Это значение позволяет ГСН эффективно обнаруживать радиосигналы, отраженные от цели, и гарантирует выполнение тактико-технических требований системы.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_6__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Фазовый радиопеленгатор: принцип действия, структурная схема, точность измерения пеленга.

Правильный ответ:

Фазовый радиопеленгатор (РП) — это устройство, предназначенное для определения направления (пеленга) на источник радиосигнала. Основной принцип его работы основан на измерении разности фаз сигналов, принимаемых от источника на нескольких антеннах, расположенных на определённом расстоянии друг от друга.

Основные этапы работы:

1. **Прием сигналов**: Антенны фиксируют радиосигналы, излучаемые источником. Обычно используются две или более антенны, расположенные вдоль линии, перпендикулярной направлению на источник сигнала.

2. **Измерение разности фаз**: Сигналы, полученные от источника на разных антеннах, имеют различия в фазе в зависимости от угла прихода. Разница в фазе $\Delta\phi$ между сигналами, принимаемыми на антеннах, зависит от угла, под которым сигнал достигает антенн.
3. **Определение угла**: Разница фаз преобразуется в угол пеленга θ с помощью математических формул. Обычно используется формула:

$$\theta = \frac{\Delta\phi \cdot \lambda}{2\pi d}$$

где:

- θ — угол пеленга,
- $\Delta\phi$ — разность фаз между сигналами,
- λ — длина волны сигнала,
- d — расстояние между антеннами.

Структурная схема фазового радиопеленгатора

Структурная схема фазового радиопеленгатора может включать следующие основные компоненты:

1. **Антенны**:
   - Две или более антенн (например, дипольные антенны), расположенные на фиксированном расстоянии друг от друга.
2. **Блок обработки сигналов**:
   - **Усилители**: усиливают принятые сигналы для последующей обработки.
   - **Фазовые детекторы**: измеряют разность фаз между сигналами, принимаемыми от разных антенн.
3. **Система управления**:
   - **Микроконтроллер или процессор**: обрабатывает данные и вычисляет угол пеленга на основе измеренной разности фаз.

- **Интерфейс управления**: позволяет оператору взаимодействовать с устройством и визуализировать результаты.

4. **Вывод информации**:
   - **Дисплей**: для отображения угла пеленга.
   - **Интерфейсы передачи данных**: для передачи информации на другие устройства или системы.

Точность измерения пеленга

Точность измерения пеленга зависит от нескольких факторов:

1. **Разрешающая способность антенн**:
   - Чем больше будет расстояние между антеннами d, тем выше разрешающая способность. Однако, это также может привести к увеличению сложности конструкции.
2. **Длина волны**:
   - Чем меньше длина волны λ, тем выше точность измерения. Это связано с тем, что разность фаз становится более чувствительной к изменению угла прихода.
3. **Качество обработки сигналов**:
   - Высокое качество усилителей и фазовых детекторов ведет к более точным измерениям разности фаз, что напрямую влияет на точность определения угла.
4. **Помехи и шум**:
   - Наличие помех и шумов в канале передачи может ухудшить точность. Использование фильтров и технологий подавления помех может улучшить результаты.
5. **Калибровка**:
   - Регулярная калибровка системы также важна для поддержания точности измерений.

Фазовый радиопеленгатор является эффективным инструментом для определения направления на радиосигналы. Его принцип действия основан на измерении разности фаз сигналов, принимаемых на нескольких антеннах. Структурная схема включает антенны, блоки обработки сигналов, систему управления и вывода информации. Точность измерения пеленга зависит от разрешающей способности антенн, длины волны, качества обработки сигналов, помех и регулярной калибровки.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Выбрать параметры сигнала импульсной РЛС и способ его обработки по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для выбора параметров сигнала импульсной радиолокационной системы (РЛС) и способа его обработки необходимо учесть тактико-технические требования (ТТТ), которые могут включать диапазон обнаружения, разрешение, скорость обработки и другие характеристики. Рассмотрим основные параметры сигнала и методы его обработки.

1. Параметры сигнала импульсной РЛС

1.1. Длина импульса

- **Выбор длины импульса**: обычно длина импульса в импульсных РЛС варьируется от нескольких микросекунд до десятков микросекунд. Короткие импульсы (например, 1–5 мкс) обеспечивают лучшее пространственное разрешение, но требуют более высокой мощности. Длинные импульсы (например, 10–50 мкс) могут обеспечить лучшую чувствительность.

1.2. Повторная частота импульсов

- **Выбор повторной частоты**: Частота повторения импульсов определяет, как часто РЛС может отправлять новые импульсы. Обычно она составляет

от 100 до 1000 Гц. Более высокая частота позволяет быстрее обновлять информацию о цели, но требует более сложной обработки.

1.3. Мощность импульса

- **Выбор мощности**: Мощность передаваемого импульса должна быть достаточной для обеспечения дальности обнаружения. Обычно мощность составляет от 1 до 100 кВт. Более высокая мощность позволяет обнаруживать более удаленные объекты, но требует большего энергопотребления и более сложных передающих систем.

1.4. Частота работы

- **Выбор частоты**: Частота работы РЛС может варьироваться от нескольких сотен МГц до десятков ГГц. Более высокая частота обеспечивает лучшее разрешение, но может быть подвержена затуханию и помехам в атмосфере.

1.5. Полоса частот

- **Выбор полосы частот**: Широкая полоса частот позволяет улучшить разрешение по скорости (измерение скорости цели) и пространственное разрешение. Полоса частот может составлять от 20 до 100 МГц.

2. Способы обработки сигнала

2.1. Импульсно-доплеровская обработка

- **Применение**: используется для измерения скорости и расстояния до цели. Эта методика позволяет выделять движущиеся цели на фоне стационарных помех. Подходит для РЛС, работающих в условиях активных помех.

2.2. Комплексное детектирование

- **Применение**: использует сложные алгоритмы обработки для выделения сигналов из шумов. Это может включать использование методов, таких как ковариационный анализ и алгоритмы адаптивной фильтрации.

2.3. Обработка на основе Фурье

- **Применение**: Быстрое преобразование Фурье (FFT) используется для анализа сигналов в частотной области. Это позволяет быстро определять частотные характеристики целей и проводить спектральный анализ.

2.4. Алгоритмы машинного обучения

- **Применение**: в последние годы активно используются алгоритмы машинного обучения для классификации целей и выявления аномалий в радиосигналах. Они могут значительно повысить эффективность обработки сигналов.

3. Выбор параметров и методов обработки по ТТТ

Предположим, ТТТ для системы, следующие:

- **Диапазон обнаружения**: до 100 км.
- **Разрешение по расстоянию**: не хуже 100 м.
- **Разрешение по скорости**: не хуже 10 м/с.
- **Скорость обработки**: не более 1 секунды на полный цикл.

Пример выбранных параметров:

- **Длина импульса** : 2 мкс (обеспечивает разрешение по расстоянию 300 м).
- **Частота повторения импульсов**: 500 Гц (обеспечивает достаточное обновление данных).
- **Мощность импульса**: 10 кВт (достаточно для обнаружения на заданном диапазоне).
- **Частота работы**: 3 ГГц (обеспечивает хорошее пространственное разрешение).
- **Полоса частот**: 20 МГц (обеспечивает разрешение по скорости 10 м/с).

Применяемые методы обработки:

- **Импульсно-доплеровская обработка** для выделения движущихся целей.
- **Комплексное детектирование** для улучшения качества сигналов.
- **Обработка на основе Фурье** для быстрого анализа частотных характеристик.

- **Алгоритмы машинного обучения** для повышения точности и автоматизации обработки.

Выбор параметров сигнала и методов обработки для импульсной РЛС должен основываться на конкретных тактико-технических требованиях системы. Определение длины импульса, мощности, частоты работы и методов обработки позволяет достичь заданных характеристик, таких как диапазон обнаружения, разрешение и скорость обработки.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать ширину диаграммы направленности многолучевой антенной решетки Ван-Атта при заданных тактико-технических требованиях.

Правильный ответ:

Для расчета ширины диаграммы направленности многолучевой антенной решетки Ван-Атта необходимо учитывать несколько параметров, связанных с геометрией решетки и характеристиками антенн. Рассмотрим основные аспекты.

Основные параметры

1. **Количество элементов антенны (N)**: количество антенн в решетке.
2. **Расстояние между элементами (d)**: расстояние между соседними антеннами.
3. **Длина волны (λ)**: длина волны сигнала, используемого антеннами.
4. **Угол главного лобового направления (θ)**: угол, в котором направлен главный лепесток диаграммы направленности.

Формула для расчета ширины диаграммы направленности

Для линейной антенны ширина диаграммы направленности в направлении главного лепестка может быть оценена по следующей формуле:

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{Nd}$$

где:

- $\Delta\theta$ — ширина диаграммы направленности в радианах.
- λ — длина волны.
- N — количество элементов антенны.
- d — расстояние между соседними элементами.

Пример расчета

Заданные тактико-технические требования

Предположим, что у нас есть следующие параметры:

- Количество элементов антенны N=8.
- Расстояние между элементами d=0.5λ.
- Длина волны λ=0.1м (что соответствует частоте 3 ГГц).

1: рассчитаем длину волны

Для данной длины волны:

λ=0.1м

2: рассчитаем расстояние между элементами

Расстояние между элементами:

d=0.5·λ=0.5·0.1=0.05м

3: подставим значения в формулу

Теперь подставим значения в формулу для расчета ширины диаграммы направленности:

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{Nd} = \frac{2 \cdot 0.1}{8 \cdot 0.05}$$

$$\Delta\theta = \frac{0.2}{0.4} = 0.5\,\text{рад}$$

4: Перевод в градусы

Для перевода в градусы:

$$\Delta\theta_{\text{град}} = \Delta\theta \cdot \frac{180}{\pi} \approx 0.5 \cdot \frac{180}{3.14} \approx 28.65^\circ$$

Таким образом, ширина диаграммы направленности многолучевой антенной решетки Ван-Атта при заданных тактико-технических требованиях составляет примерно 28.65∘. Этот расчет позволяет оценить характеристики антенны и ее способность к направленному излучению в зависимости от количества элементов и их расположения.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_7__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Влияние тропосферы на дальность действия станций радиотехнической разведки.

Правильный ответ:

Влияние тропосферы на дальность действия станций радиотехнической разведки (РТР) является важным фактором, который необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации радиосистем. Тропосфера — это нижний слой атмосферы, который простирается от поверхности Земли до высоты около 10-15 км и содержит основную часть водяного пара и облаков. Рассмотрим основные аспекты влияния тропосферы на радиосигналы.

1. Преломление радиоволн

Одним из ключевых эффектов, связанных с тропосферой, является преломление радиоволн. Преломление происходит из-за изменения плотности воздуха и, следовательно, его рефракционных свойств. Это может привести к следующему:

Увеличение дальности действия: Преломление радиоволн может позволить сигналам "обходить" препятствия и достигать более удаленных объектов, чем это было бы возможно в идеальных условиях (вакуум). Это явление особенно заметно на частотах ниже 1 ГГц.

Снижение дальности действия: в условиях сильной инверсии температуры преломление может привести к "заваливанию" сигнала вниз, что может уменьшить дальность действия.

2. Атмосферные условия

Атмосферные условия, такие как влажность, температура и давление, могут значительно влиять на характеристики радиосигналов:

Влажность: Высокая влажность увеличивает поглощение радиоволн, особенно в диапазоне миллиметровых волн. Это может уменьшить дальность действия радиосистем, особенно в тропических и субтропических регионах.

Температура: Изменение температуры может приводить к изменению рефракции, что также может влиять на дальность действия. Например, при инверсии температуры радиосигналы могут отражаться от тропосферы, увеличивая дальность.

Атмосферные осадки: Дождь, снег и другие осадки могут привести к дополнительным потерям сигнала. Особенно это заметно на высоких частотах, где потери могут быть значительными.

3. Интерференция и многоучёность

Тропосфера может вызывать интерференцию сигналов, что также влияет на дальность действия:

Многолучевость: Радиосигналы могут отражаться от разных слоев тропосферы и создавать несколько путей прохождения (многолучевость). Это может привести к эффектам, как усиления, так и ослабления сигнала в зависимости от угла прихода и других факторов.

Фазовые сдвиги: Разные пути сигнала могут иметь разные задержки, что может вызвать фазовые сдвиги и, как следствие, ухудшение качества принимаемого сигнала.

4. Практические рекомендации

Для минимизации влияния тропосферы на дальность действия станций РТР рекомендуется:

Использование антенн с высокой направленностью: это помогает снизить влияние многолучевой и улучшить качество принимаемого сигнала.

Выбор оптимальных частот: Использование частот ниже 1 ГГц для дальнего действия может быть более эффективным, чем использование высокочастотных диапазонов, которые подвержены большему поглощению и затуханию.

Мониторинг атмосферных условий: Постоянный мониторинг метеорологических условий может помочь предсказать изменения в дальности действия радиосистем и принять соответствующие меры.

Заключение

Влияние тропосферы на дальность действия станций радиотехнической разведки является комплексным явлением, зависящим от множества факторов, включая преломление радиоволн, атмосферные условия, интерференцию и многоучёность. Понимание этих эффектов и применение рекомендаций может помочь оптимизировать работу радиосистем и повысить их эффективность.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Сравнить характеристики сигналов с частотной и частотно-фазовой манипуляцией.

Правильный ответ:

Сравнение характеристик сигналов с частотной и частотно-фазовой манипуляцией включает в себя анализ различных аспектов, таких как спектральные свойства, устойчивость к помехам, сложность реализации, а

также области применения. Рассмотрим каждую из этих манипуляций подробнее.

1. Частотная манипуляция (Frequency Shift Keying, FSK)

Основные характеристики:

Принцип работы: В частотной манипуляции информация кодируется изменением частоты несущего сигнала. Например, для двоичного FSK используются две разные частоты: одна для обозначения "0", другая — для "1".

Спектр: Частотная манипуляция приводит к созданию спектра, который имеет несколько спектральных линий. Ширина спектра сигнала зависит от частоты сдвига и скорости манипуляции.

Устойчивость к помехам: FSK обладает хорошей устойчивостью к шуму и интерференции, так как изменения частоты легче различить на фоне шумов. Это делает FSK популярным в системах с низким уровнем сигнала.

Сложность реализации: Реализация FSK требует нескольких фильтров и генераторов частоты, что может усложнять схему. Однако современные технологии значительно упростили эту задачу.

Области применения:

Радиосвязь, модемы, системы передачи данных (например, в беспроводных сетях).

2. Частотно-фазовая манипуляция (Phase Shift Keying, PSK)

Основные характеристики:

Принцип работы: В частотно-фазовой манипуляции информация кодируется изменением фазы несущего сигнала. Например, в двоичном PSK (BPSK) используются две фазы (0° и 180°) для обозначения "0" и "1".

Спектр: Спектр PSK-сигналов имеет более узкую полосу по сравнению с FSK, что делает его более эффективным с точки зрения использования спектра. Однако, в зависимости от типа PSK (например, QPSK, 8-PSK), количество необходимых фаз может увеличиваться, что влияет на сложность.

Устойчивость к помехам: PSK также обладает хорошей устойчивостью к шумам, однако она может быть менее эффективной в условиях сильных интерференций, поскольку небольшие изменения в амплитуде могут привести к ошибкам в определении фазы.

Сложность реализации: Реализация PSK требует более сложных схем для точного определения фазы, особенно на высоких уровнях манипуляции (например, QPSK или 8-PSK). Однако, благодаря цифровой обработке сигналов, такие системы становятся более доступными.

Области применения: Спутниковая связь, Wi-Fi, цифровые телевизионные системы, системы передачи данных.

3. Сравнение характеристик

Характеристика	Частотная манипуляция (FSK)	Частотно-фазовая манипуляция (PSK)
Принцип работы	Изменение частоты	Изменение фазы
Спектр	Широкий спектр	Узкий спектр
Устойчивость к помехам	Хорошая	Хорошая, но чувствительна к амплитуде
Сложность реализации	Умеренная	Высокая
Эффективность спектра	Низкая	Высокая
Области применения	Модемы, радиосвязь	Спутниковая связь, Wi-Fi

Частотная и частотно-фазовая манипуляция имеют свои особенности и преимущества в зависимости от требований к системе. Частотная манипуляция хорошо подходит для систем с низким уровнем сигнала и высокой помехоустойчивостью, в то время как частотно-фазовая манипуляция более

эффективна в использовании спектра и лучше подходит для высокоскоростной передачи данных. Выбор между этими методами зависит от конкретных условий эксплуатации и требований к передаче данных.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать эффективность компенсации сигналов неподвижных отражателей различной формы (шар, конус).

Правильный ответ:

Для расчета эффективности компенсации сигналов от неподвижных отражателей различной формы (например, сфера и конус) необходимо рассмотреть, как форма отражателя влияет на характеристики отраженного сигнала. Эффективность компенсации может быть оценена через коэффициент отражения и усиление сигнала.

1. Основные параметры

Коэффициент отражения: определяет, какая часть падающего сигнала отражается от поверхности. Он может зависеть от материала отражателя и угла падения.

Угол падения: Угол, под которым сигнал падает на поверхность отражателя.

Площадь отражения: зависит от геометрии отражателя.

2. Сфера

Для сферы радиуса:

Площадь поверхности сферы:

$$A_{\text{сфера}} = 4\pi r^2$$

Коэффициент отражения: для идеального зеркала можно принять R = 1. Однако для реальных материалов R может быть меньше единицы.

Эффективная площадь отражения:

$$\sigma_{\text{сфера}} = R \cdot A_{\text{сфера}} = R \cdot 4\pi r^2$$

3. Конус

Для конуса с высотой h и радиусом основания r:

Площадь боковой поверхности конуса:

$$A_{\text{конус}} = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$$

Коэффициент отражения: также можно принять R = 1 для идеального отражателя.

Эффективная площадь отражения:

$$\sigma_{\text{конус}} = R \cdot A_{\text{конус}} = R \cdot \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$$

4. Сравнение эффективности компенсации

Для оценки эффективности компенсации сигналов от неподвижных отражателей, можно рассмотреть отношение эффективных площадей отражения:

$$\text{Эффективность компенсации} = \frac{\sigma_{\text{сфера}}}{\sigma_{\text{конус}}}$$

Подставляя выражения для эффективных площадей:

$$\text{Эффективность компенсации} = \frac{R \cdot 4\pi r^2}{R \cdot \pi r \sqrt{r^2 + h^2}} = \frac{4r}{\sqrt{r^2 + h^2}}$$

5. Пример расчета

Предположим:

Радиус сферы r = 1м

Радиус основания конуса r = 1м

Высота конуса h = 1м

Подставим значения в формулу:

Для конуса: $A_{\text{конус}} = \pi \cdot 1 \cdot \sqrt{1^2 + 1^2} = \pi \cdot \sqrt{2} \approx 4.44\,\text{м}^2$

Для сферы: $A_{\text{сфера}} = 4\pi \cdot 1^2 = 4\pi \approx 12.57\,\text{м}^2$

Подсчитаем эффективность: $\text{Эффективность компенсации} = \frac{4 \cdot 1}{\sqrt{1^2 + 1^2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} \approx 2.83$

Эффективность компенсации сигналов от неподвижных отражателей различной формы (сфера и конус) может быть оценена через отношение их эффективных площадей отражения. В нашем примере, эффективность компенсации сферы относительно конуса составила примерно 2.83, что указывает на то, что сфера отражает сигнал более эффективно, чем конус при заданных условиях. Этот расчет можно адаптировать для других значений радиусов и высот, чтобы получить более конкретные результаты для различных сценариев.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_8__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Классификация методов радиоэлектронного противодействия.

Правильный ответ:

Методы радиоэлектронного противодействия (РЭП) представляют собой множество техник и технологий, предназначенных для защиты от радиоэлектронного вмешательства, а также для подавления, искажения или обмана радиосигналов противника. Классификация методов РЭП может проводиться по различным критериям. Рассмотрим основные из них.

1. По принципу действия

- **Подавление (глушение)**:

Использование помех для снижения качества или полного подавления радиосигналов противника. Это может включать в себя широкополосное или узкополосное глушение.

- **Искажение (дезинформация)**:

Создание ложных сигналов, которые могут ввести в заблуждение системы противника. Это может быть реализовано через методы, такие как имитация сигналов или создание "помеховых" сигналов с измененной информацией.

- **Защита (экранирование)**:

Использование специальных материалов и конструкций, которые препятствуют проникновению радиосигналов (например, экранирование помещений).

2. По области применения

- **Тактическое РЭП**:

Применение методов РЭП в условиях боевых действий, для защиты тактических соединений и средств связи.

- **Стратегическое РЭП**:

Применение методов РЭП для защиты жизненно важных объектов и систем на уровне государства.

- **Специальное РЭП**:

Использование методов РЭП для выполнения специфических задач, например, в разведке, контрразведке или специальных операциях.

3. По типу источников помех

- **Активные методы**:

Использование специально разработанных средств для генерирования помех, которые воздействуют на радиосигналы противника.

- **Пассивные методы**:

Использование отражающих или поглощающих материалов, а также естественных помех (например, рельеф местности) для снижения эффективности работы радиосистем противника.

4. По уровню автоматизации

- **Автоматизированные системы РЭП**:

Современные системы, которые используют автоматизированные технологии для обнаружения, анализа и подавления радиосигналов противника.

- **Ручные методы РЭП**:

Применение более простых средств и методов, которые требуют непосредственного участия оператора.

5. По типу воздействий на средства связи

- **Электронное подавление**:

Подавление радиосигналов, использующих электромагнитные волны.

- **Электронное разрушение**:

Использование направленных энергетических устройств для разрушения электроники противника (например, высокочастотное или микроволновое воздействие).

- **Электронная защита**:

Методы, направленные на защиту своих радиоэлектронных средств от воздействия противника.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнить особенности и характеристики методов определения координат источников радиоизлучения станциями радиотехнической разведки.

Правильный ответ:

Определение координат источников радиоизлучения — важная задача, решаемая станциями радиотехнической разведки (РТР). Существует несколько методов, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Рассмотрим основные методы определения координат источников радиоизлучения и сравним их характеристики.

1. Метод триангуляции

Особенности:

- Использует три или более приемных станций, расположенных на известной географической позиции.

- Определение направления на источник осуществляется с помощью антенн.

Характеристики:

Точность: Высокая точность при правильной настройке и калибровке.

Сложность: требует наличия нескольких приемных станций и точного определения их координат.

Зависимость от условий: Чувствителен к помехам и условиям распространения радиоволн.

2. Метод интерферометрии

Особенности:

- Использует принцип интерференции радиоволн, принимаемых двумя и более антеннами.
- Измеряет разности фаз сигналов для определения направления на источник.

Характеристики:

Точность: очень высокая точность определения направления (до нескольких десятков минут дуги).

Сложность: Сложная обработка сигналов и необходимость высокочувствительных приемников.

Зависимость от условий: Чувствительность к шумам и помехам, особенно в городских условиях.

3. Метод радиометрии

Особенности:

- Измеряет уровень мощности радиосигнала, поступающего на антенну.
- Часто используется для определения местоположения источников в широком диапазоне частот.

Характеристики:

Точность: может быть менее точным, чем триангуляция или интерферометрия, так как зависит от мощности сигнала.

Сложность: проще в реализации, но требует высокой чувствительности и точности измерений.

Зависимость от условий: Устойчив к помехам, но может быть затруднен в условиях сильного фона.

4. Метод фазового сравнения

Особенности:

- Определяет координаты источника на основе сравнения фаз сигналов, принимаемых двумя или более антеннами.
- Использует разности фаз для вычисления направления на источник.

Характеристики:

Точность: Высокая точность, сопоставимая с интерферометрией.

Сложность: требует сложного оборудования и обработки сигналов.

Зависимость от условий: Чувствительность к атмосферным условиям и помехам.

Сравнительная таблица

Метод	**Точность**	**Сложность**	**Зависимость от условий**
Триангуляция	Высокая	Средняя	Чувствителен к помехам
Интерферометрия	Очень высокая	Высокая	Чувствителен к шумам
Радиометрия	Умеренная	Низкая	Устойчив к помехам, но зависит от мощности сигнала
Фазовое сравнение	Высокая	Высокая	Чувствителен к атмосферным условиям

Каждый метод определения координат источников радиоизлучения имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Выбор метода зависит от конкретных задач, условий работы и доступного оборудования. В большинстве случаев для достижения наилучших результатов методы могут комбинироваться, что позволяет использовать преимущества каждого из них и компенсировать их недостатки.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать требуемую степень сжатия импульсов по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для расчета требуемой степени сжатия импульсов необходимо учитывать несколько параметров, таких как ширина исходного импульса, желаемая ширина сжатого импульса, а также тактико-технические требования к передаче информации (например, скорость передачи данных, частота дискретизации и т.д.).

Основные параметры

Ширина исходного импульса T: Время, в течение которого сигнал находится в активном состоянии (например, T в микросекундах).

Желаемая ширина сжатого импульса: Время, на которое необходимо сжать импульс.

Степень сжатия: определяется как отношение ширины исходного импульса к ширине сжатого импульса: $K = \frac{T_0}{T_s}$

Пример расчета

Предположим, что у нас есть следующие параметры:

Ширина исходного импульса T = 200 мкс

Желаемая ширина сжатого импульса Ts = 50 мкс

Теперь подставим значения в формулу для степени сжатия:

$$K = \frac{T_0}{T_s} = \frac{200\,\mu s}{50\,\mu s} = 4$$

Интерпретация результата

Степень сжатия K = 4 означает, что импульс необходимо сжать в 4 раза. Это позволит достичь требуемых тактико-технических характеристик, таких как увеличение скорости передачи данных или уменьшение времени реакции системы.

Общая формула для расчета степени сжатия импульсов проста и может быть применена для различных значений исходных и желаемых ширин импульсов. При этом важно учитывать требования к системе и условия передачи информации, чтобы выбрать оптимальную степень сжатия для конкретной задачи.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_9__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Классификация и принципы построения станций активных шумовых помех.

Правильный ответ:

Станции активных шумовых помех (САШП) предназначены для создания помеховых сигналов, которые подавляют или искажают радиосигналы противника. Классификация и принципы построения таких станций могут быть основаны на различных критериях. Рассмотрим основные аспекты.

Классификация станций активных шумовых помех

1. По способу генерации помех:
    - Шумовые генераторы: используют широкий спектр случайных сигналов, которые накладываются на целевой радиосигнал. Обычно работают в широком диапазоне частот.
    - Импульсные генераторы: генерируют короткие импульсные сигналы для создания резких помех, которые могут подавлять узкополосные сигналы.

- Модулированные сигналы: создают специальным образом модулированные помехи (например, частотно- или амплитудно-модулированные), чтобы затруднить работу систем противника.

2. По частотному диапазону:
    - Низкочастотные помехи: работают в диапазоне низких частот (до 30 МГц) и часто используются для подавления радиосвязи.
    - Среднечастотные помехи: охватывают диапазон от 30 до 300 МГц. Используются для подавления различных радиосигналов, включая УКВ.
    - Высокочастотные помехи: работают на частотах выше 300 МГц, включая миллиметровые волны. Часто используются для защиты от спутниковых и мобильных систем связи.
3. По области применения:
    - Тактические станции: используются на поле боя для защиты от вражеской связи и управления.
    - Стратегические станции: применяются для защиты важных объектов и инфраструктуры от радио направленных атак.
    - Специальные станции: используются в специальных операциях, разведке и контрразведке.
4. По мобильности:
    - Мобильные станции: Легкие и транспортируемые системы, которые могут быстро перемещаться в зависимости от боевой обстановки.
    - Стационарные станции: Установленные на фиксированных позициях для долгосрочной работы.

Принципы построения станций активных шумовых помех

1. Частотный охват:
    - Станции должны обеспечивать широкий частотный охват, чтобы эффективно подавлять различные радиосигналы противника. Это

достигается использованием широкополосных антенн и многочастотных генераторов.

2. Модуляция и форма сигнала:
    - Выбор типа сигнала (шум, импульс, модуляция) зависит от целей операции. Например, шумовые генераторы могут применять белый шум для подавления, в то время как модулированные сигналы могут быть использованы для создания специфических помех.
3. Автоматизация и управление:
    - Современные станции часто используют автоматизированные системы для мониторинга и анализа радиосигналов, что позволяет динамически настраивать параметры генерации помех в зависимости от ситуации.
4. Эффективность и скрытность:
    - Важным аспектом является минимизация собственных излучений, чтобы не привлекать внимание противника. Это может быть достигнуто с помощью специальных технологий экранирования и фильтрации сигналов.
5. Устойчивость к помехам:
    - Станции должны быть защищены от воздействия собственных помех и негативных условий окружающей среды, таких как климатические условия и электромагнитные поля.

Станции активных шумовых помех играют важную роль в современных военных и разведывательных операциях. Их классификация и принципы построения зависят от множества факторов, включая цели, условия применения и технические характеристики. Эффективное использование таких станций требует глубокого понимания радиочастотных технологий и особенностей работы противника.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнить методы увеличения дальности действия станций радиотехнической разведки в зонах дальнего тропосферного распространения.

Правильный ответ:

Увеличение дальности действия станций радиотехнической разведки (РТР) в зонах дальнего тропосферного распространения является важной задачей, которая может быть решена различными методами. Рассмотрим основные методы, их особенности и сравнительные характеристики.

1. Увеличение высоты размещения антенн

Особенности:

- Размещение антенн на высоте (например, на мачтах, зданиях или даже в воздухе с помощью беспилотников) позволяет значительно увеличить радиус действия за счет уменьшения затухания сигнала и увеличения зоны прямой видимости.

Преимущества:

- Улучшение условий распространения радиоволн.
- Снижение влияния рельефа местности на качество приема и передачи сигналов.

Недостатки:

- Увеличение затрат на строительство и обслуживание высоких мачт.
- Ограничения по безопасности и техническому обслуживанию.

2. Использование направленных антенн

Особенности:

- Применение антенн с высокой направленностью (например, параболические антенны) для концентрации энергии в определенном направлении.

Преимущества:

- Увеличение коэффициента усиления сигналов, что позволяет достигать большей дальности.
- Снижение уровня помех из других направлений.

Недостатки:

- Ограниченная зона покрытия, требует точной настройки на источник сигнала.
- Необходимость в постоянном отслеживании цели, что усложняет работу.

3. Использование многоканальных систем

Особенности:

- Применение многоканальных приемников и передатчиков, работающих в различных диапазонах частот.

Преимущества:

- Возможность одновременного поиска и анализа нескольких сигналов.
- Увеличение вероятности обнаружения слабых сигналов.

Недостатки:

- Сложность обработки информации и необходимость в высокопроизводительных вычислительных системах.
- Увеличение стоимости оборудования.

4. Применение ретрансляторов и отражателей

Особенности:

- Использование ретрансляторов для передачи сигнала на большие расстояния, а также отражателей для улучшения условий распространения радиоволн.

Преимущества:

- Увеличение дальности действия без необходимости увеличения мощности передатчика.
- Возможность создания сетей для перекрытия больших территорий.

Недостатки:

- Зависимость от наличия инфраструктуры для установки ретрансляторов.
- Возможные задержки в передаче сигналов, что может повлиять на оперативность.

5. Повышение мощности передатчиков

Особенности:

- Увеличение выходной мощности радиопередатчика для улучшения дальности действия.

Преимущества:

- Прямое увеличение радиуса действия.
- Простота в реализации, не требует значительных изменений в инфраструктуре.

Недостатки:

- Ограничения по законодательству и стандартам излучения.
- Увеличение энергозатрат и необходимости в более мощных источниках питания.
-

Сравнительная таблица

Метод	Преимущества	Недостатки
Увеличение высоты антенн	Улучшение условий распространения	Высокие затраты, ограничения по безопасности
Направленные антенны	Высокий коэффициент усиления	Ограниченная зона покрытия
Многоканальные системы	Одновременный анализ нескольких сигналов	Сложность обработки, высокая стоимость
Ретрансляторы и отражатели	Увеличение дальности без повышения мощности	Зависимость от инфраструктуры

Метод	Преимущества	Недостатки
Повышение мощности передатчиков	Прямое увеличение радиуса действия	Ограничения по законодательству, энергозатраты

Каждый из методов увеличения дальности действия станций радиотехнической разведки имеет свои преимущества и недостатки. Выбор подходящего метода зависит от конкретных задач, условий работы и доступных ресурсов. Часто наиболее эффективным является комбинированный подход, который позволяет использовать преимущества нескольких методов одновременно.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать эффективность компенсации сигналов неподвижных отражателей различной формы (шар, квадрат).

Правильный ответ:

Для расчета эффективности компенсации сигналов, отраженных от неподвижных отражателей различной формы (например, шара и квадрата), необходимо учитывать параметры отражающих поверхностей и свойства радиоволн. Эффективность компенсации сигналов может быть оценена на основании коэффициента отражения и геометрических характеристик отражателей.

1. Отражение от шара

Геометрические параметры

- Радиус шара: R
- Угол падения радиоволны: θ

Коэффициент отражения

Для идеального шара, коэффициент отражения Rs может быть приближен к 1 для радиоволн, падающих под углом, поскольку форма шара обеспечивает равномерное распределение отраженного сигнала.

Эффективная площадь отражения

Эффективная площадь отражения As шара определяется как:

$As=\pi R^2$

2. Отражение от квадрата

Геометрические параметры

- Длина стороны квадрата: a

Коэффициент отражения

Коэффициент отражения Rq для квадрата также приближен к 1 при нормальном падении, однако его значение зависит от угла падения и может снижаться при увеличении угла.

Эффективная площадь отражения

Эффективная площадь отражения Aq квадрата определяется как:

$Aq=a^2$

3. Сравнение эффективности

Для оценки эффективности компенсации сигналов от обоих типов отражателей, можно рассмотреть отношение их эффективных площадей отражения:

$$E = \frac{A_s}{A_q} = \frac{\pi R^2}{a^2}$$

Пример расчета

Предположим, следующие значения:

- Радиус шара R=1м
- Длина стороны квадрата a=1м

Теперь подставим эти значения в формулы для эффективных площадей отражения:

1. Для шара: $A_s = \pi(1)^2 = \pi \approx 3.14\,\text{м}^2$

2. Для квадрата: $A_q = (1)^2 = 1\,\text{м}^2$

Теперь рассчитаем эффективность:

$$E = \frac{A_s}{A_q} = \frac{3.14}{1} \approx 3.14$$

Таким образом, эффективность компенсации сигналов неподвижного отражателя в форме шара по сравнению с квадратным отражателем составляет приблизительно 3.14. Это означает, что шар обеспечивает значительно большую эффективную площадь отражения по сравнению с квадратом при тех же условиях. Важно учитывать, что фактическая эффективность будет зависеть от угла падения, частоты радиоволн и других факторов, таких как материал и поверхность отражателей.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_10__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Заградительные и прицельные станции прямошумовых помех.

Правильный ответ:

Заградительные и прицельные станции прямошумовых помех являются важными элементами в системах радиоэлектронной борьбы. Они предназначены для подавления и искажения радиосигналов противника, что затрудняет его управление и связь. Рассмотрим подробнее их особенности, назначение и основные характеристики.

1. Заградительные станции прямошумовых помех

Назначение

Заградительные станции предназначены для создания широкополосных помех, которые препятствуют нормальному функционированию радиосистем противника. Их основная цель — затруднение приема и передачи информации, что может привести к снижению эффективности действий противника.

Принципы работы

- Создание широкополосного шума: Заградительные станции генерируют

шумовые сигналы, которые накладываются на радиочастоты, используемые противником. Это может включать в себя белый шум или другие формы случайно изменяющегося сигнала.

- Широкий частотный охват: Станции обычно работают в диапазоне от нескольких десятков к нескольким сотням мегагерц, что позволяет подавлять различные типы радиосигналов.
- Географическая адаптация: Заградительные станции могут быть размещены как на стационарных, так и на мобильных платформах, что позволяет им адаптироваться к изменяющимся условиям на поле боя.

Примеры применения

- Защита от вражеской радиосвязи в ходе боевых действий.
- Подавление сигналов управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) противника.

2. Прицельные станции прямошумовых помех

Назначение

Прицельные станции предназначены для создания направленных помех на конкретные радиочастоты, которые используются противником для передачи критически важной информации. Их цель — точечное подавление радиосигналов, что может включать в себя управление, навигацию и другие службы.

Принципы работы

- Направленное излучение: Прицельные станции используют антенны с высокой направленностью, что позволяет фокусировать помехи на определенные радиосигналы.
- Чувствительность к частоте: Станции могут быть настроены на определенные частоты, что повышает эффективность подавления целевых сигналов.
- Использование модуляции: Прицельные станции могут применять

различные формы модуляции (например, амплитудную или частотную), чтобы создать более сложные помехи, которые будут труднее фильтровать.

Примеры применения

- Подавление сигналов управления ракетами.
- Искажение навигационных сигналов, используемых противником.

Сравнение заградительных и прицельных станций

Параметр	Заградительные станции	Прицельные станции
Назначение	Широкополосное подавление	Направленное подавление
Тип помех	Шумовые сигналы	Направленные помехи
Частотный охват	Широкий (многие частоты)	Узкий (определенные частоты)
Используемые антенны	Многопозиционные, широкополосные	Направленные антенны
Применение	Защита от радиосвязи	Подавление критически важных сигналов

Заградительные и прицельные станции прямошумовых помех играют ключевую роль в современных системах радиоэлектронной борьбы. Они обеспечивают защиту от вражеских радиосигналов и помогают подавлять критически важные каналы связи противника. Каждый тип станции имеет свои особенности и применение, что позволяет эффективно решать задачи по обеспечению радиационной безопасности и защиты информации.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнить влияние различных (заданных) условий тропосферы на дальность действия станций радиотехнической разведки.

Правильный ответ:

Дальность действия станций радиотехнической разведки (РТР) может значительно варьироваться в зависимости от условий тропосферы. Эти условия влияют на распространение радиоволн, их затухание и отражение. Рассмотрим, как различные условия тропосферы могут повлиять на дальность действия таких станций.

1. Температурные инверсии

Описание

Температурная инверсия возникает, когда температура воздуха увеличивается с высотой, что может привести к изменению плотности и преломлению радиоволн.

Влияние на дальность действия

- Увеличение дальности: в условиях инверсии радиоволны могут отражаться от слоя инверсии и распространяться на большие расстояния, что значительно увеличивает дальность действия станций РТР.
- Улучшение качества сигнала: Появление "тропосферных каналов" может улучшить качество принимаемого сигнала.

2. Влажность воздуха

Описание

Влажность влияет на диэлектрическую проницаемость воздуха и, как следствие, на распространение радиоволн.

Влияние на дальность действия

- Затухание сигнала: Высокая влажность может привести к увеличению затухания радиоволн, особенно в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн, что может сокращать дальность действия.
- Изменение рефракции: Влажный воздух может усилить эффект рефракции, что иногда может приводить к увеличению дальности, но в большинстве случаев затухание будет преобладать.

3. Атмосферные осадки

Описание

Дождь, снег и другие виды осадков оказывают значительное влияние на распространение радиоволн.

Влияние на дальность действия

- Снижение дальности: Атмосферные осадки могут значительно увеличивать затухание радиосигналов, особенно в высокочастотных диапазонах, что ведет к снижению дальности действия РТР.
- Искажение сигнала: Осадки могут вызывать искажение сигнала, что также негативно влияет на дальность и качество связи.

4. Рельеф местности

Описание

Рельеф местности (горы, долины, леса) влияет на распространение радиоволн.

Влияние на дальность действия

- Затенение сигналов: Неровности местности могут создавать "мертвые зоны", где радиоволны блокируются, что уменьшает дальность действия.
- Эффект дифракции: в некоторых случаях, радиоволны могут огибать препятствия, что позволяет передавать сигналы на большие расстояния, но это зависит от частоты сигнала и высоты антенны.

5. Уровень ионизации атмосферы

Описание

Ионизация атмосферы может изменяться в зависимости от солнечной активности и времени суток.

Влияние на дальность действия

- Увеличение дальности: в условиях высокой ионизации радиоволны могут отражаться от ионосферы, что позволяет обеспечить связь на больших расстояниях (особенно для высокочастотных сигналов).
- Изменение свойств сигнала: Ионизация может привести к изменению частоты и фазы сигнала, что требует дополнительной обработки на

приемной стороне.

Сравнительная таблица

Условия тропосферы	Влияние на дальность действия
Температурные инверсии	Увеличение дальности
Влажность воздуха	Затухание сигнала, возможное увеличение
Атмосферные осадки	Снижение дальности
Рельеф местности	Затенение сигналов, эффект дифракции
Уровень ионизации атмосферы	Увеличение дальности, изменение свойств сигнала

Условия тропосферы играют решающую роль в определении дальности действия станций радиотехнической разведки. Важно учитывать все вышеперечисленные факторы при планировании и эксплуатации таких станций, чтобы оптимизировать их работу в различных условиях. Оптимизация параметров антенн, частотных диапазонов и методов обработки сигналов может помочь в повышении эффективности радиотехнической разведки.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Сравнить количественно методы поиска по частоте: медленный гарантированный.

Правильный ответ:

Методы поиска по частоте, такие как медленный и гарантированный, используются для обнаружения и анализа радиосигналов в различных диапазонах частот. Давайте рассмотрим каждый из этих методов, их особенности, преимущества и недостатки, а также проведем количественное сравнение.

1. Медленный метод поиска по частоте

Описание

Медленный метод поиска по частоте (также известный как "поиск с низкой скоростью") предполагает систематическое сканирование диапазона частот с использованием низкой скорости перемещения по частоте. Этот метод часто используется, когда известны примерные параметры искомого сигнала.

Преимущества

- Низкий уровень помех: поскольку поиск осуществляется медленно, это позволяет лучше обрабатывать сигналы и снижать уровень помех.
- Высокая точность: Данный метод обеспечивает высокую точность в определении частоты сигнала благодаря детальному сканированию.

Недостатки

- Время поиска: Медленный метод требует больше времени для полного сканирования диапазона частот, что может быть критично при быстром изменении условий.
- Риск упустить сигнал: если сигнал изменяет свою частоту или временно исчезает, его можно не обнаружить.

2. Гарантированный метод поиска по частоте

Описание

Гарантированный метод поиска по частоте (или "поиск с высокой скоростью") предполагает использование быстрых алгоритмов и оборудования, чтобы быстро сканировать диапазон частот и обнаруживать сигналы. Этот метод может включать в себя использование технологий, таких как частотное хоппинг (Frequency Hopping) или программируемые фильтры.

Преимущества

- Скорость обнаружения: позволяет обнаруживать сигналы гораздо быстрее, что особенно полезно в динамичных условиях, где сигналы могут быстро изменяться.
- Адаптивность: может быстро адаптироваться к изменениям в характеристиках сигнала, что повышает вероятность его обнаружения.

Недостатки

- Низкая точность: Сканирование на высокой скорости может привести к пропуску сигналов или неточной оценке их частоты.
- Высокий уровень помех: Быстрый поиск может привести к повышенному уровню помех и сложностям в обработке сигналов.

Количественное сравнение

Для количественного сравнения этих методов можно рассмотреть следующие параметры:

1. Время поиска (t): это время, необходимое для полного сканирования диапазона частот.
    - Медленный метод: пусть tm = 10 секунд для диапазона 100 МГц.
    - Гарантированный метод: пусть tg = 1 секунда для того же диапазона.
2. Точность (P): это вероятность обнаружения сигнала.
    - Медленный метод: пусть Pm = 95%.
    - Гарантированный метод: пусть Pg = 80%.
3. Уровень помех (N): это уровень помех, который может затруднить обнаружение сигналов.
    - Медленный метод: пусть Nm = 20 (единиц).
    - Гарантированный метод: пусть Ng = 40 (единиц).

Сравнительная таблица

Параметр	Медленный метод	Гарантированный метод
Время поиска (с)	10	1
Точность (%)	95	80
Уровень помех (единиц)	20	40

Оба метода имеют свои преимущества и недостатки, и выбор между ними зависит от конкретных условий и требований задачи. Медленный метод

обеспечивает высокую точность и низкий уровень помех, но требует больше времени, в то время как гарантированный метод позволяет быстро обнаруживать сигналы, но может быть менее точным и подвержен помехам. Важно учитывать эти факторы при выборе метода поиска по частоте в зависимости от целей и условий работы.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_11__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Станции активных шумовых помех, заградительных по углу.

Правильный ответ:

Станции активных шумовых помех и заградительных помех по углу играют ключевую роль в системах радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Они предназначены для подавления и искажения радиосигналов противника, что затрудняет его управление и связь. Рассмотрим подробнее их особенности, назначение и принципы работы.

1. Станции активных шумовых помех

Описание

Станции активных шумовых помех предназначены для создания помех, которые затрудняют или полностью блокируют прием радиосигналов противника. Они могут генерировать широкий спектр шумов, что делает их эффективными для подавления различных типов сигналов.

Принципы работы

- **Генерация широкополосного шума**: Станция создает шумовые сигналы, которые накладываются на радиочастоты, используемые противником, что затрудняет их восприятие.
- **Широкий частотный охват**: обычно такие станции работают в широком диапазоне частот, что позволяет одновременно подавлять несколько сигналов.
- **Адаптивные алгоритмы**: Современные станции могут использовать адаптивные алгоритмы для изменения характеристик помех в зависимости от условий на поле боя и используемых противником технологий.

Применение

- Подавление вражеской радиосвязи.
- Защита от управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА).
- Блокировка навигационных сигналов.

2. Заградительные станции по углу

Описание

Заградительные станции по углу предназначены для создания направленных помех, которые воздействуют на радиосигналы, приходящие под определенным углом. Это позволяет более точно нацеливаться на источники сигнала противника.

Принципы работы

- **Направленное излучение**: Станции используют антенны с высокой направленностью, что позволяет фокусировать помехи на определенные радиосигналы, поступающие из заданного направления.
- **Сканирование по углу**: Заградительные станции могут быстро изменять угол излучения, что позволяет им адаптироваться к изменениям в источниках сигналов противника.

- **Использование модуляции**: для повышения эффективности заградительных помех могут применяться различные формы модуляции, что создает более сложные помехи, труднее поддающиеся фильтрации.

Применение

- Подавление сигналов управления ракетами и другими высокотехнологичными системами.
- Защита от систем наведения, работающих по радиосигналам.

Сравнительная таблица

Параметр	**Активные шумовые помехи**	**Заградительные помехи по углу**
Назначение	Создание широкополосных помех	Направленное подавление сигналов
Тип помех	Шумовые, широкополосные	Направленные, угловые
Частотный охват	Широкий	Узкий, в пределах заданного направления
Используемые антенны	Многопозиционные, широкополосные	Направленные антенны
Применение	Подавление радиосвязи	Подавление сигналов управления

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнительный анализ заградительных и прицельных прямошумовых и модуляционных помех.

Правильный ответ:

Сравнительный анализ заградительных и прицельных прямошумовых и модуляционных помех позволяет понять их особенности, принципы работы и

области применения в системах радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Рассмотрим ключевые аспекты этих типов помех.

1. Заградительные помехи

Прямошумовые помехи

- **Описание**: Заградительные прямошумовые помехи создают широкий спектр шумовых сигналов, которые накладываются на радиосигналы противника.
- **Принципы работы**: генерируют белый шум, который подавляет различные радиосигналы в широком частотном диапазоне. Обычно используются для создания помех на всех частотах, используемых противником.
- **Преимущества**:
  - Высокая степень подавления сигнала.
  - Простота в реализации.
- **Недостатки**:
  - Меньшая точность в подавлении конкретных сигналов.
  - Может быть менее эффективным против узкополосных сигналов.

Модуляционные помехи

- **Описание**: Заградительные модуляционные помехи используют изменения в амплитуде, частоте или фазе для создания помех.
- **Принципы работы**: модулируют шумовые сигналы с использованием различных методов (например, частотная или амплитудная модуляция), что затрудняет фильтрацию и обнаружение.
- **Преимущества**:
  - Более целенаправленное подавление конкретных сигналов.
  - Меньшая вероятность обнаружения помех при использовании сложных модуляций.
- **Недостатки**:

    - Сложность в реализации.
    - Требует более точного контроля и настройки.

2. Прицельные помехи

Прямошумовые помехи

- **Описание**: Прицельные прямошумовые помехи нацелены на конкретные частоты, на которых работают вражеские системы.
- **Принципы работы**: используют направленные антенны для создания шумовых помех, которые подавляют только целевые радиосигналы.
- **Преимущества**:
    - Высокая точность в подавлении конкретных сигналов.
    - Эффективно против узкополосных систем.
- **Недостатки**:
    - Ограниченный диапазон частот.
    - Требует постоянного отслеживания частоты противника.

Модуляционные помехи

- **Описание**: Прицельные модуляционные помехи также нацелены на конкретные радиосигналы, но используют модуляцию для создания помех.
- **Принципы работы**: Сигналы модулируются так, чтобы максимально эффективно подавлять целевые сигналы, используя направленные антенны.
- **Преимущества**:
    - Высокая эффективность и точность.
    - Возможность создания сложных помех.
- **Недостатки**:
    - Более сложные системы требуют тщательной настройки и контроля.
    - Повышенные требования к вычислительным ресурсам.

Сравнительная таблица

Параметр	**Заградительные прямошумовые**	**Заградительные модуляционные**	**Прицельные прямошумовые**	**Прицельные модуляционные**
Назначение	Подавление широкополосных сигналов	Подавление целевых сигналов	Подавление целевых сигналов	Подавление целевых сигналов
Тип помех	Шумовые	Модулированные	Шумовые	Модулированные
Частотный охват	Широкий	Ограниченный	Узкий	Узкий
Применяемые антенны	Многопозиционные	Направленные	Направленные	Направленные
Сложность реализации	Низкая	Высокая	Средняя	Высокая
Эффективность	Высокая	Очень высокая	Высокая	Очень высокая

Заградительные и прицельные помехи, как прямошумовые, так и модуляционные, имеют свои уникальные особенности и применения в радиоэлектронной борьбе. Заградительные помехи более универсальны и просты в реализации, в то время как прицельные помехи обеспечивают высокую точность и эффективность, но требуют более сложных систем. Выбор между ними зависит от конкретных задач, условий на поле боя и характеристик используемых систем связи противника.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать дальность действия станции РТР по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для расчета дальности действия станции радиотехнической разведки (РТР) необходимо учитывать несколько факторов, таких как технические характеристики системы, условия распространения радиоволн и параметры

целевого объекта. Формула для расчета дальности действия РТР может быть представлена следующими параметрами:

Основные параметры

1. **Мощность передатчика Pt**- мощность, с которой сигнал передается, обычно измеряется в ваттах (Вт).
2. **Чувствительность приемника Sr** - минимальный уровень сигнала, который может быть успешно принят, измеряется в микроваттах (мкВт) или дБм.
3. **Потери в канале (L)** - потери, связанные с затуханием сигнала из-за расстояния, препятствий и других факторов, измеряются в децибелах (дБ).
4. **Условия распространения** - учитываются такие факторы, как высота антенн, рельеф местности и атмосферные условия.

Формула для расчета дальности

Дальность действия (D) можно рассчитать по следующей формуле:

$$D = 10^{\frac{P_t - S_r - L}{20}} \times \frac{1}{\sqrt{G_t \cdot G_r}}$$

где:

- *Gt* - коэффициент усиления передающей антенны (величина безразмерная),
- *Gr* - коэффициент усиления приемной антенны (величина безразмерная).

Пример расчета

Допустим, у нас есть следующие тактико-технические требования:

- Мощность передатчика *Pt*=100 Вт.
- Чувствительность приемника *Sr*=−100 дБм (что соответствует 0.0001 мкВт).
- Потери в канале *L*=100 дБ.
- Коэффициент усиления передающей антенны *Gt*=10 (или 10 дБ).
- Коэффициент усиления приемной антенны *Gr*=10 (или 10 дБ).

Теперь подставим значения в формулу:

1. Преобразуем мощность передатчика в дБ:

$$P_t(\text{дБ}) = 10\log_{10}(100) = 20 \text{ дБ}.$$

2. Подставим значения в формулу:

$$D = 10^{\frac{20-(-100)-100}{20}} \times \frac{1}{\sqrt{10 \cdot 10}}.$$

3. Упрощаем:

$$D = 10^{\frac{20+100-100}{20}} \times \frac{1}{\sqrt{100}} = 10^{\frac{20}{20}} \times \frac{1}{10} = 1 \times 0.1 = 0.1 \text{ км}.$$

В данном примере дальность действия станции РТР составляет 0.1 км. Однако следует учитывать, что результаты могут значительно варьироваться в зависимости от конкретных условий, таких как рельеф местности, наличие помех и другие факторы. Для более точного расчета рекомендуется использовать программное обеспечение, учитывающее все параметры и условия эксплуатации.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин в

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Уравнение противорадиолокации. Его анализ.

Правильный ответ:

Уравнение противорадиолокации является важным инструментом в области радиоэлектронной борьбы (РЭБ), направленным на оценку эффективности систем, предназначенных для подавления и искажения радиолокационных сигналов противника. Это уравнение связывает параметры радиолокационного сигнала, помех и характеристик среды распространения радиоволн.

Уравнение противорадиолокации

Основное уравнение для анализа эффективности противорадиолокационных систем можно записать в следующем виде:

$$S = P_t + G_t + G_r - L - N$$

где:

- S — уровень сигнала на выходе приемника (в дБ),
- Pt — мощность передатчика (в дБ),

- Gt — коэффициент усиления передающей антенны (в дБ),
- Gr — коэффициент усиления приемной антенны (в дБ),
- L — потери в канале (в дБ),
- N — уровень помех (в дБ).

Анализ уравнения

1. **Мощность передатчика (*Pt*)**:
   - Чем выше мощность передатчика, тем больше уровень сигнала, который он может создать. Это позволяет эффективно подавлять радиолокационные сигналы противника.
2. **Коэффициенты усиления антенн (*Gt* и *Gr*)**:
   - Усиление антенн играет критическую роль в формировании направленных сигналов. Высокие значения коэффициентов усиления позволяют сосредоточить мощность сигнала в определенном направлении, что увеличивает эффективность подавления.
3. **Потери в канале (*L*)**:
   - Потери могут возникать из-за затухания сигналов в атмосфере, отражения от препятствий, а также из-за других факторов. Снижение потерь в канале повышает уровень сигнала на выходе приемника.
4. **Уровень помех (*N*)**:
   - Уровень помех, создаваемых противником, также влияет на эффективность противорадиолокационной системы. Высокий уровень помех может значительно затруднить обнаружение и идентификацию целей.

Практическое применение

Уравнение противорадиолокации позволяет разработать стратегии для эффективного подавления радиолокационных систем противника. Например:

- **Оптимизация мощности передатчика**: Увеличение мощности передатчика может быть оправдано в условиях высокой угрозы от вражеских радиолокационных систем.
- **Улучшение характеристик антенн**: Использование антенн с высоким коэффициентом усиления может значительно увеличить эффективность подавления.
- **Анализ условий распространения**: Изучение условий среды, в которой происходит распространение радиоволн, позволяет минимизировать потери и повысить эффективность систем РЭБ.

Уравнение противорадиолокации является важным инструментом для анализа и оптимизации систем радиоэлектронной борьбы. Понимание влияния различных параметров на уровень сигнала позволяет улучшить тактику и стратегию применения средств РЭБ, а также повысить шансы на успешное подавление радиолокационных систем противника.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнить способы оптимизация сигналов для обеспечения незаметности радиолокационных целей.

Правильный ответ:

Обеспечение незаметности радиолокационных целей (или стелс-технологии) является важной задачей в области военной техники и радиоэлектронной борьбы. Существует несколько способов оптимизации сигналов для снижения заметности объектов для радиолокационных систем. Рассмотрим основные методы и сравним их по ключевым параметрам.

1. Форма и конструкция объекта

Описание

Форма и конструкция радиолокационных целей могут быть оптимизированы для уменьшения отражательной способности. Это достигается за счет

аэродинамического дизайна и использования углов, которые минимизируют отражение радиоволн в сторону радиолокатора.

Преимущества

- Эффективное снижение радиолокационной заметности.
- Долговечность и надежность конструкции.

Недостатки

- Ограничения на размеры и форму объекта.
- Часто требует значительных изменений в дизайне.

2. Материалы с малой заметностью

Описание

Использование специальных материалов, таких как поглощающие радиоволны композиты или краски, которые уменьшают отражение сигналов.

Преимущества

- Может быть применено на уже существующих объектах.
- Эффективно снижает уровень отраженных сигналов.

Недостатки

- Ограниченная долговечность и необходимость регулярного обслуживания.
- Может быть дорогостоящим в производстве и применении.

3. Активные системы снижения заметности

Описание

Использование активных систем, которые генерируют помехи для радиолокационных систем. Это включает в себя генерацию сигналов, которые искажают или подавляют радиолокационные сигналы.

Преимущества

- Высокая эффективность в реальном времени.
- Возможность адаптации к изменяющимся условиям.

Недостатки

- Энергетические затраты для генерации помех.
- Возможная уязвимость к обнаружению по своим сигналам.

4. Стелс-технологии с использованием метаматериалов

Описание

Метаматериалы могут изменять характеристики распространения радиоволн, создавая "невидимые" диапазоны для определенных частот.

Преимущества

- Высокая степень снижения радиолокационной заметности.
- Возможность создания "невидимых" зон для определенных диапазонов частот.

Недостатки

- Технология еще находится на стадии разработки.
- Высокая стоимость и сложность производства.

Сравнительная таблица

Метод	**Преимущества**	**Недостатки**	**Эффективность снижения заметности**
Форма и конструкция	Эффективное снижение заметности	Ограниченные размеры и форма	Высокая
Материалы с малой заметностью	Возможность применения на существующих объектах	Ограниченная долговечность	Средняя
Активные системы	Высокая эффективность в реальном времени	Энергетические затраты, уязвимость к обнаружению	Высокая
Стелс-технологии с метаматериалами	Высокая степень снижения заметности	На стадии разработки, высокая стоимость	Очень высокая

Каждый из методов оптимизации сигналов для обеспечения незаметности радиолокационных целей имеет свои преимущества и недостатки. Выбор конкретного подхода зависит от требований к объекту, его назначению, условий эксплуатации и бюджета. В современных условиях часто используется комбинация нескольких методов для достижения наилучшего результата в снижении радиолокационной заметности.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать и сравнить требуемую мощность передатчиков станций прицельных и заградительных помех по заданным тактико-техническим требованиям.

Правильный ответ:

Для расчета требуемой мощности передатчиков станций прицельных и заградительных помех необходимо учитывать разные параметры, такие как чувствительность приемника, уровень помех, коэффициенты усиления антенн, а также потери в канале. Рассмотрим оба типа помех и произведем расчеты.

Исходные данные

Предположим, что у нас есть следующие тактико-технические требования:

1. **Чувствительность приемника *Sr***: -100 дБм
2. **Уровень помех *N***: -80 дБм (для заградительных помех) и -90 дБм (для прицельных помех)
3. **Потери в канале *L***: 100 дБ
4. **Коэффициент усиления передающей антенны *Gt***: 10 дБ
5. **Коэффициент усиления приемной антенны *Gr***: 10 дБ

Формула для расчета мощности передатчика

Мощность передатчика *Pt* можно рассчитать по следующей формуле:

$$P_t = S_r + L + N - G_t - G_r$$

Расчет для заградительных помех

Подставим значения для заградительных помех:

- N=−80 дБм

$$P_t^{\text{загр}} = (-100) + 100 + (-80) - 10 - 10$$

$$P_t^{\text{загр}} = -100 + 100 - 80 - 20 = -100 \text{ дБм}$$

Чтобы перевести это значение в Вт, используем формулу:

$$P_t^{\text{загр}} = 10^{\frac{-100}{10}} = 10^{-10} \text{ Вт} = 0.1 \text{ мкВт}$$

Расчет для прицельных помех

Теперь подставим значения для прицельных помех:

- N=−90 дБм

$$P_t^{\text{приц}} = (-100) + 100 + (-90) - 10 - 10$$

$$P_t^{\text{приц}} = -100 + 100 - 90 - 20 = -110 \text{ дБм}$$

Переведем это значение в Вт:

$$P_t^{\text{приц}} = 10^{\frac{-110}{10}} = 10^{-11} \text{ Вт} = 0.01 \text{ мкВт}$$

Сравнение результатов

Тип помех	**Мощность передатчика (дБм)**	**Мощность передатчика (Вт)**
Заградительные	-100	0.1 мкВт
Прицельные	-110	0.01 мкВт

- **Заградительные помехи** требуют большей мощности передатчика (0.1 мкВт) по сравнению с **прицельными помехами** (0.01 мкВт).
- Это связано с тем, что заградительные помехи должны подавлять широкий спектр сигналов, в то время как прицельные помехи нацелены на специфические радиосигналы противника.

Таким образом, при проектировании систем РЭБ важно учитывать эти различия в мощностях для эффективного выполнения задач по подавлению радиосигналов противника.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_13__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Общая характеристика способов радиоэлектронной маскировки.

Правильный ответ:

Радиоэлектронная маскировка (РЭМ) представляет собой набор методов и технологий, направленных на снижение вероятности обнаружения и идентификации объектов с помощью радиолокационных и других электронных средств. Основная цель РЭМ — создание условий, при которых противник не сможет эффективно использовать свои радиолокационные системы для обнаружения, отслеживания или поражения целей. Ниже представлена общая характеристика способов радиоэлектронной маскировки.

Основные способы радиоэлектронной маскировки

1. **Физическая маскировка**
   - **Описание**: Использование рельефа местности, конструкций и объектов для скрытия радиолокационных целей.
   - **Преимущества**: Эффективная защита от радиолокационного обнаружения.

- **Недостатки**: Ограниченная применимость в открытой местности; требует тщательной планировки и анализа местности.

2. **Камуфляж**
    - **Описание**: Использование специальных покрытий и материалов, которые поглощают или рассеивают радиоволны (например, стелс-материалы).
    - **Преимущества**: может быть применен на уже существующих объектах; эффективен против различных частот.
    - **Недостатки**: Высокая стоимость; необходимость регулярного обслуживания и замены.
3. **Активные системы маскировки**
    - **Описание**: Использование активных помеховых систем, которые генерируют радиосигналы для подавления или искажения сигналов, поступающих от радиолокационных систем противника.
    - **Преимущества**: Высокая эффективность; возможность адаптации к изменяющимся условиям.
    - **Недостатки**: Энергетические затраты; возможность уязвимости к обнаружению по собственным сигналам.
4. **Пассивные системы маскировки**
    - **Описание**: Использование устройств, которые не генерируют собственные сигналы, а лишь изменяют или рассеивают имеющиеся радиосигналы (например, специальные отражающие элементы).
    - **Преимущества**: Отсутствие необходимости в источниках энергии; низкая вероятность обнаружения.
    - **Недостатки**: Ограниченная эффективность в условиях высокоинтенсивного радиолокационного контроля.
5. **Стелс-технологии**

- **Описание**: Использование сложных конструкций и материалов для формирования "невидимых" зон для радиолокационных систем на определенных частотах.
- **Преимущества**: очень высокая степень снижения заметности; возможность применения в различных частотных диапазонах.
- **Недостатки**: Высокая стоимость; сложность разработки и производства.

Сравнение способов маскировки

Метод	**Преимущества**	**Недостатки**
Физическая маскировка	Эффективная защита от обнаружения	Ограниченная применимость в открытой местности
Камуфляж	Применим на существующих объектах	Высокая стоимость, необходимость обслуживания
Активные системы	Высокая эффективность	Энергетические затраты, риск обнаружения
Пассивные системы	Нет необходимости в энергии	Ограниченная эффективность
Стелс-технологии	Высокая степень снижения заметности	Сложность и высокая стоимость

Способы радиоэлектронной маскировки являются важным компонентом современных систем обеспечения безопасности и защиты объектов. Выбор метода маскировки зависит от конкретной ситуации, условий эксплуатации, бюджета и целей применения. В большинстве случаев эффективная радиоэлектронная маскировка требует комплексного подхода, объединяющего несколько методов для достижения наилучших результатов в снижении радиолокационной заметности.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнить способы снижения заметности излучения по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Правильный ответ:

Снижение заметности излучения по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны является важной задачей в области радиолокации и радиоэлектронной борьбы. Боковые лепестки могут быть источником нежелательных излучений, которые могут быть обнаружены противником. Рассмотрим основные способы снижения заметности излучения по боковым лепесткам, а также сравним их по ключевым параметрам.

Способы снижения заметности излучения по боковым лепесткам

1. **Адаптивные антенны**
   - **Описание**: Использование адаптивных антенн, которые могут изменять свою диаграмму направленности в зависимости от окружающей среды и условий работы.
   - **Преимущества**:
     - Возможность динамического изменения направленности и подавления боковых лепестков.
     - Высокая эффективность в изменяющихся условиях.
   - **Недостатки**:
     - Сложность и высокая стоимость оборудования.
     - Требует сложных алгоритмов обработки сигналов.
2. **Использование антенн с высоким коэффициентом направленности**
   - **Описание**: Применение антенн с узкой диаграммой направленности для уменьшения уровня излучения в боковых лепестках.
   - **Преимущества**:
     - Эффективное снижение боковых лепестков.

        - Простой и надежный метод.
    - **Недостатки**:
        - Ограниченная область покрытия.
        - Требует точного наведения на цель.
3. **Коэффициенты усиления антенн**
    - **Описание**: Оптимизация коэффициентов усиления антенн для концентрации энергии в основном лепестке и уменьшения в боковых.
    - **Преимущества**:
        - Увеличение мощности в основном лепестке.
        - Простота реализации.
    - **Недостатки**:
        - Может привести к увеличению уровня излучения в других направлениях.
        - Ограниченная применимость для определенных задач.
4. **Использование радиопоглощающих материалов**
    - **Описание**: Применение материалов, которые поглощают радиоволны и уменьшают отражения от боковых лепестков.
    - **Преимущества**:
        - Снижение отраженных сигналов и уровней боковых лепестков.
        - Может быть использовано для существующих антенн.
    - **Недостатки**:
        - Ограниченная эффективность на высоких частотах.
        - Необходимость в регулярном обслуживании.
5. **Модуляция сигнала**

- **Описание**: Использование специальных методов модуляции, которые уменьшают вероятность обнаружения сигналов в боковых лепестках.
- **Преимущества**:
  - Снижение вероятности перехвата и обнаружения.
  - Гибкость в управлении сигналами.
- **Недостатки**:
  - Увеличение сложности обработки сигналов.
  - Возможные потери в качестве связи.

Сравнительная таблица

Метод	**Преимущества**	**Недостатки**
Адаптивные антенны	Динамическое изменение направленности	Сложность и высокая стоимость
Антенны с высоким коэффициентом направленности	Эффективное снижение боковых лепестков	Ограниченная область покрытия
Оптимизация коэффициентов усиления	Увеличение мощности в основном лепестке	Возможное увеличение излучения в других направлениях
Радиопоглощающие материалы	Снижение отраженных сигналов	Ограниченная эффективность на высоких частотах
Модуляция сигнала	Снижение вероятности обнаружения	Увеличение сложности обработки сигналов

Каждый из способов снижения заметности излучения по боковым лепесткам имеет свои преимущества и недостатки. Выбор конкретного метода зависит от требований к системе, условий эксплуатации, бюджета и целей применения. Для достижения наилучших результатов часто целесообразно комбинировать несколько методов, что позволит значительно повысить эффективность

радиоэлектронной маскировки и снизить вероятность обнаружения радиолокационных целей.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать и провести анализ дальности действия станций РТР в области дифракции.

Правильный ответ:

Для расчета и анализа дальности действия станций радиотехнической разведки (РТР) в области дифракции важно учитывать физические принципы распространения радиоволн и их взаимодействия с окружающей средой. Основным фактором, влияющим на дальность действия в области дифракции, является возможность радиоволн обойти препятствия, что особенно актуально при работе на низких частотах.

Основные параметры для расчета

1. **Частота радиосигнала (f)**: Частота излучаемого сигнала, в Гц.
2. **Длина волны (λ)**: Связана с частотой по формуле: $\lambda=fc$ где c — скорость света (приблизительно 3×108 м/с).
3. **Высота антенны (h)**: Высота антенны над уровнем земли.
4. **Радиус кривизны Земли (R)**: приблизительно 6371 км.

Формула для расчета дальности действия

Для расчета максимальной дальности действия станций РТР в области дифракции можно использовать приближенную формулу:

$$D = 3.57\sqrt{h_1} + 3.57\sqrt{h_2}$$

где:

- D — дальность в километрах,
- $h1$ — высота антенны передатчика (в метрах),
- $h2$ — высота антенны приемника (в метрах).

Эта формула учитывает как высоту передающей антенны, так и высоту приемной, что особенно важно при дифракционном распространении.

Пример расчета

Предположим, что у нас есть следующие данные:

- **Высота передающей антенны ($h1$)**: 30 м
- **Высота приемной антенны ($h2$)**: 10 м

Теперь подставим эти значения в формулу:

$$D = 3.57\sqrt{30} + 3.57\sqrt{10}$$

Сначала найдем квадратные корни:

$$\sqrt{30} \approx 5.48 \ \sqrt{10} \approx 3.16$$

Теперь подставим значения:

$$D = 3.57 \times 5.48 + 3.57 \times 3.16 \ D \approx 19.57 + 11.31 \ D \approx 30.88 \text{ км}$$

Анализ

1. **Дальность действия**: В данном примере дальность действия радиотехнической разведки составляет приблизительно 30.88 км. Эта дальность указывает на способность станции РТР обнаруживать сигналы на значительном расстоянии, даже в условиях дифракции.
2. **Влияние высоты антенн**: Увеличение высоты антенн (как передающей, так и приемной) значительно увеличивает дальность действия. Это подчеркивает важность размещения антенн на высоте (например, на зданиях или мачтах) для повышения эффективности работы РТР.
3. **Факторы окружающей среды**: на дальность действия также влияют различные факторы, такие как рельеф местности, атмосферные условия, наличие препятствий (деревья, здания и т.д.), что может дополнительно уменьшать эффективную дальность действия.

Расчет дальности действия станций РТР в области дифракции показывает, что такие станции могут иметь значительные радиусы действия. Однако практическое применение всегда требует учета множества факторов, влияющих на распространение радиоволн. Для более точного анализа может потребоваться моделирование с учетом конкретных условий эксплуатации и характеристик окружающей среды.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_14__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Способы обеспечения незаметности радиолокационных целей: оптимизация сигналов и их пространственно-временной обработки.

Правильный ответ:

Обеспечение незаметности радиолокационных целей является важной задачей в области радиоэлектронной борьбы и защиты военной техники. Один из ключевых подходов к решению этой задачи включает оптимизацию сигналов и использование методов пространственно-временной обработки. Рассмотрим эти способы подробнее.

1. Оптимизация сигналов

Оптимизация сигналов подразумевает применение различных методов, направленных на минимизацию вероятности их обнаружения радиолокационными системами противника. Основные аспекты оптимизации сигналов включают:

а. Шумоподобные сигналы

- **Описание**: Использование сигналов, которые по своей статистике напоминают шум, затрудняет их обнаружение.

- **Преимущества**: Эти сигналы имеют высокую степень маскировки, так как трудно отделить их от фонового шума.
- **Применение**: используется в системах, где требуется высокая степень незаметности.

b. Частотная модуляция

- **Описание**: Изменение частоты сигнала в зависимости от времени (например, частотная манипуляция).
- **Преимущества**: усложняет задачу детекции и демодуляции сигнала, так как противнику нужно точно знать частотный диапазон.
- **Применение**: часто используется в военных радиокоммуникациях.

c. Кодирование сигналов

- **Описание**: Использование специальных кодов для передачи информации, которые делают сигнал менее предсказуемым.
- **Преимущества**: увеличивает устойчивость к перехвату и обнаружению.
- **Применение**: применяется в системах связи и управления, где важна безопасность.

2. Пространственно-временная обработка

Методы пространственно-временной обработки сигналов основаны на анализе их характеристик как в пространственном, так и во временном доменах. Основные подходы включают:

a. Пространственная фильтрация

- **Описание**: Использование антенн с направленной диаграммой направленности для подавления нежелательных сигналов и помех.
- **Преимущества**: увеличивает чувствительность к целевым объектам и снижает вероятность обнаружения.
- **Применение**: применяется в системах РЭБ и радиолокации.

b. Многоканальная обработка

- **Описание**: Использование нескольких антенн для одновременной обработки сигналов с разных направлений.
- **Преимущества**: позволяет проводить пространственную фильтрацию и определять направление прихода сигнала, что повышает точность и снижает вероятность обнаружения.
- **Применение**: используется в системах, где критична высокая точность определения положения.

c. Адаптивные алгоритмы

- **Описание**: Применение адаптивных фильтров, которые автоматически настраиваются в зависимости от условий окружающей среды и характеристик сигналов.
- **Преимущества**: позволяет динамически изменять параметры обработки в реальном времени для оптимизации маскировки.
- **Применение**: широко используется в современных системах радиолокации и связи.

Оптимизация сигналов и пространственно-временная обработка являются ключевыми методами в обеспечении незаметности радиолокационных целей. Эти подходы позволяют значительно снизить вероятность обнаружения и идентификации объектов противником. Эффективное применение данных методов требует глубокого понимания радиофизики, современных технологий обработки сигналов и особенностей работы радиолокационных систем. В результате, использование оптимизированных сигналов и сложных методов обработки может значительно повысить шансы на успех в условиях современного боя.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 2 балла:

Сравнить способы компенсации сигналов неподвижных отражателей в когерентно-импульсных системах селекции движущихся целей.

Правильный ответ:

В когерентно-импульсных системах селекции движущихся целей компенсация сигналов неподвижных отражателей является критически важной задачей для повышения точности обнаружения и отслеживания целей. Неподвижные отражатели могут вызывать помехи и затруднять выделение сигналов от движущихся объектов. Рассмотрим основные способы компенсации таких сигналов и проведем их сравнение.

Способы компенсации сигналов неподвижных отражателей

1. **Когерентная обработка сигналов**
   - **Описание**: Использование когерентной обработки, при которой сигналы от неподвижных отражателей суммируются и вычитаются из общего сигнала.
   - **Преимущества**:
     - Позволяет эффективно подавлять постоянные помехи.
     - Увеличивает соотношение сигнал/шум для движущихся целей.
   - **Недостатки**:
     - Сложность алгоритмов обработки.
     - Требует высокой точности синхронизации.
2. **Демодуляция и фильтрация**
   - **Описание**: Применение методов демодуляции для выделения сигналов от движущихся целей и фильтрация неподвижных отражателей.
   - **Преимущества**:
     - Позволяет эффективно отделить целевые сигналы от помех.

        - Применение адаптивных фильтров может улучшить качество обработки.
    - **Недостатки**:
        - Необходимость в сложных алгоритмах и вычислительных ресурсах.
        - Возможные искажения целевых сигналов.
3. **Методы временной обработки**
    - **Описание**: Использование временных фильтров и временной интеграции для подавления сигналов неподвижных отражателей.
    - **Преимущества**:
        - Эффективно подавляет помехи с постоянной амплитудой.
        - Упрощает анализ сигнала.
    - **Недостатки**:
        - Меньшая эффективность при наличии динамических помех.
        - Риск потери информации о движущихся целях.
4. **Импульсно-стробовая обработка**
    - **Описание**: Использование импульсно-стробовых методов, которые позволяют выделить сигналы движущихся целей в условиях наличия неподвижных отражателей.
    - **Преимущества**:
        - Увеличивает вероятность обнаружения движущихся объектов.
        - Может использоваться в реальном времени.
    - **Недостатки**:
        - Сложность реализации.
        - Необходимость в высококачественных компонентах.

5. **Алгоритмы обработки на основе машинного обучения**
    - **Описание**: Применение методов машинного обучения для распознавания и классификации сигналов от движущихся и неподвижных объектов.
    - **Преимущества**:
        - Высокая эффективность в сложных условиях.
        - Способность адаптироваться к новым данным и улучшать результаты.
    - **Недостатки**:
        - Необходимость в больших объемах данных для обучения.
        - Сложность реализации и высокие вычислительные затраты.

Сравнительная таблица

Метод	**Преимущества**	**Недостатки**
Когерентная обработка сигналов	Эффективная подавление постоянных помех	Сложность алгоритмов; высокая точность синхронизации
Демодуляция и фильтрация	Эффективное отделение целевых сигналов	Сложные алгоритмы и вычислительные ресурсы
Методы временной обработки	Эффективно подавляет постоянные помехи	Меньшая эффективность при динамических помехах
Импульсно-стробовая обработка	Увеличивает вероятность обнаружения	Сложность реализации; высокие требования к компонентам
Алгоритмы обработки на основе машинного обучения	Высокая эффективность в сложных условиях	Необходимость в больших объемах данных; высокие вычислительные затраты

Каждый из методов компенсации сигналов неподвижных отражателей в когерентно-импульсных системах имеет свои преимущества и недостатки. Выбор конкретного способа зависит от условий эксплуатации, требований к системе, доступных ресурсов и целей применения. В современных системах

часто целесообразно использовать комбинацию нескольких методов для достижения наилучших результатов в селекции движущихся целей и повышения общей эффективности радиолокационных систем.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Оценить количественно и сравнить методы поиска по частоте: медленный вероятностный.

Правильный ответ:

Методы поиска по частоте в радиосистемах могут быть различными, и одним из них является медленный вероятностный поиск. Этот метод применяется для обнаружения сигналов в условиях шума и неопределенности. Давайте рассмотрим его количественную оценку и сравним с другими методами.

1. Медленный вероятностный поиск

Описание: Медленный вероятностный поиск основывается на вероятностной оценке наличия сигнала на определенной частоте и постепенном изменении частоты в поиске оптимального значения. Этот метод подходит для работы в условиях низкой сигнальной мощности и высокой помеховой обстановки.

Алгоритм:

1. Задается начальная частота.
2. На каждой итерации происходит оценка вероятности присутствия сигнала на текущей частоте.
3. Если вероятность превышает заранее заданный порог, то поиск завершен; если нет, частота изменяется на небольшую величину (шаг).
4. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет найден сигнал или не будет достигнут предел диапазона частот.

Параметры:

- Шаг изменения частоты (Δf).

- Количество итераций (N).
- Вероятность обнаружения сигнала (Pd).
- Вероятность ложного срабатывания (Pf).

2. Количественная оценка

Для оценки эффективности медленного вероятностного поиска можно использовать следующие параметры:

- **Дальность обнаружения**: Расчет дальности обнаружения D может быть основан на мощности сигнала Ps, мощности шума Pn, и коэффициента затухания α:

$$D = \sqrt{\frac{P_s}{P_n}} \cdot \frac{1}{\alpha}$$

- **Вероятность обнаружения**: Вероятность обнаружения сигнала Pd может быть выражена через пороговую мощность и распределение шума:

$$P_d = 1 - e^{-\frac{P_s}{P_n}}$$

- **Время поиска**: Время, необходимое для поиска по частоте, может быть оценено как: $T=N\cdot\Delta t$ где Δt — время, затраченное на оценку сигнала на каждой частоте.

3. Сравнение с другими методами

a. Быстрый поиск

- **Описание**: Быстрый поиск использует более крупные шаги изменения частоты и может быстро проходить диапазон.
- **Преимущества**:
  - Быстрое обнаружение сигналов.
- **Недостатки**:
  - Меньшая вероятность обнаружения в условиях сильного шума.

b. Фазовый поиск

- **Описание**: использует фазовую модуляцию для более точного определения частоты.

- **Преимущества**:
  - Высокая точность и вероятность обнаружения.
- **Недостатки**:
  - Сложность реализации и высокая вычислительная нагрузка.

Сравнительная таблица

Метод	**Преимущества**	**Недостатки**	**Вероятность обнаружения**	**Время поиска**
Медленный вероятностный	Эффективен в условиях шума, высокая надежность	Долгое время поиска	Средняя	Долгое
Быстрый поиск	Быстрое обнаружение сигналов	Меньшая вероятность обнаружения	Низкая	Короткое
Фазовый поиск	Высокая точность, высокая вероятность обнаружения	Сложность реализации, высокая нагрузка	Высокая	Среднее

Медленный вероятностный поиск является эффективным методом для обнаружения сигналов в условиях неопределенности и шума, хотя и требует больше времени на выполнение по сравнению с быстрым поиском. Он особенно полезен, когда необходимо обеспечить высокую вероятность обнаружения в сложной радио среде. Однако выбор метода поиска по частоте зависит от конкретных условий эксплуатации, требований к системе и необходимой вероятности обнаружения.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_15__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Снижение заметности излучения по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Правильный ответ:

Снижение заметности излучения по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны является важной задачей в области радиоэлектронной борьбы и обеспечения скрытности радиосистем. Боковые лепестки могут выдавать информацию о местоположении источника излучения, что делает их целью для обнаружения и перехвата. Рассмотрим методы снижения заметности излучения по боковым лепесткам.

1. Оптимизация конструкции антенны

а. Использование направленных антенн

- **Описание**: Направленные антенны, такие как параболические или Yagi-антенны, имеют более узкий основной лепесток и уменьшают уровень излучения в боковых направлениях.

- **Преимущества**: Увеличение коэффициента направленности позволяет значительно снизить мощность излучения в боковых лепестках.
- **Недостатки**: Ограниченная зона покрытия, необходимость точной настройки направления.

b. Подбор размеров и форм антенны

- **Описание**: Изменение геометрии антенны может улучшить ее характеристики и уменьшить уровень бокового излучения.
- **Преимущества**: Улучшение характеристик антенны без значительных затрат.
- **Недостатки**: необходимо учитывать изменения в других параметрах антенны.

2. Использование антенн с адаптивной диаграммой направленности

- **Описание**: Адаптивные антенны могут изменять свою диаграмму направленности в зависимости от условий окружающей среды и источников помех.
- **Преимущества**: Возможность динамического подавления боковых лепестков и улучшения параметров антенны в реальном времени.
- **Недостатки**: Сложность реализации и высокая стоимость.

3. Применение методов фазового управления

- **Описание**: Использование фазированных антенных решеток позволяет управлять направленностью излучения и уменьшать уровень бокового излучения.
- **Преимущества**: Высокая степень контроля над диаграммой направленности и возможность формирования узкого основного лепестка.
- **Недостатки**: Высокая стоимость и сложность проектирования.

4. Использование технологий подавления излучения

a. Режимы работы антенны

- **Описание**: Использование временных режимов работы, при которых антенна может периодически отключаться или изменять свою поляризацию для снижения заметности.
- **Преимущества**: Снижение вероятности обнаружения.
- **Недостатки**: Возможная потеря связи в промежутках отключения.

b. Применение шумоподавляющих технологий

- **Описание**: Использование активных или пассивных шумоподавляющих систем для снижения уровня бокового излучения.
- **Преимущества**: Эффективное снижение заметности.
- **Недостатки**: Увеличение сложности системы и потребление энергии.

5. Использование программного обеспечения для анализа и оптимизации

- **Описание**: Применение программного обеспечения для моделирования и анализа диаграмм направленности антенн.
- **Преимущества**: Возможность оптимизации дизайна антенны на этапе проектирования.
- **Недостатки**: требует значительных вычислительных ресурсов и времени.

Снижение заметности излучения по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны является важной задачей в радиосистемах, особенно в военной и оборонной сфере. Оптимизация конструкции антенн, использование адаптивных систем, методов фазового управления и технологий подавления излучения позволяют значительно улучшить скрытность радиосигналов. Выбор конкретного метода зависит от требований к системе, условий эксплуатации и доступных ресурсов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему многолучевой антенной решетки Ван-Атта в системах РЭБ.

Правильный ответ:

Многолучевая антенная решетка Ван-Атта (или антенная решетка Ван-Этта) представляет собой один из популярных подходов в системах радиоэлектронной борьбы (РЭБ) благодаря своей способности формировать направленные лучи и обеспечивать высокую степень управления диаграммой направленности. Давайте разработаем и обоснуем структурную схему такой антенной решетки для применения в системах РЭБ.

1. Общая схема антенной решетки Ван-Атта

Структурная схема многолучевой антенной решетки Ван-Атта включает следующие основные компоненты:

1. **Антенны излучатели**: Множество излучающих элементов (например, диполи или микроантенны), расположенных в регулярной решетке.
2. **Система фазового управления**: Элементы, позволяющие регулировать фазу сигналов, излучаемых каждой антенной единицей.
3. **Устройство формирования сигнала**: Генераторы сигналов и устройства, осуществляющие модуляцию и обработку сигналов.
4. **Система управления**: Блок, отвечающий за настройку параметров антенны и управление фазами в зависимости от задач РЭБ.
5. **Система обработки информации**: Анализ и обработка получаемых сигналов для фильтрации, подавления помех и выделения целей.

2. Обоснование структуры

2.1. Антенны излучатели

Излучающие элементы решетки должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить нужные характеристики направленности и частотного диапазона. Дипольные антенны или антенны с полосовой модуляцией могут быть

использованы для обеспечения широкой полосы частот и высокого коэффициента усиления.

2.2. Система фазового управления

Ключевым компонентом антенной решетки Ван-Атта является система фазового управления, позволяющая изменять фазы сигналов, излучаемых различными антеннами. Это достигается с помощью фазовых шифтеров, которые обеспечивают возможность управления направлением луча. Это особенно важно в системах РЭБ, где требуется быстрое перенаправление луча для подавления или перехвата враждебных сигналов.

2.3. Устройство формирования сигнала

Генераторы сигналов и устройства, осуществляющие модуляцию, обеспечивают возможность создания различных типов сигналов, необходимых для выполнения задач РЭБ (например, помехи, ложные цели и т. д.). Это позволяет улучшить эффективность противодействия.

2.4. Система управления

Система управления должна обеспечить автоматизацию процессов, связанных с настройкой антенны и изменением параметров в зависимости от текущей ситуации. Она может включать в себя алгоритмы обработки данных, которые помогают адаптировать параметры системы к изменяющимся условиям.

2.5. Система обработки информации

Эта система отвечает за анализ получаемых сигналов, выделение полезной информации и подавление помех. Это может включать в себя методы цифровой обработки сигналов, такие как фильтрация, спектральный анализ, а также алгоритмы машинного обучения для повышения точности и надежности работы системы.

3. Применение в системах РЭБ

Многолучевая антенная решетка Ван-Атта имеет несколько ключевых преимуществ в системах РЭБ:

- **Возможность формирования направленных лучей**: это позволяет эффективно подавлять враждебные источники радиосигналов, создавая помехи.
- **Адаптивность**: Системы могут быстро перенастраиваться в зависимости от изменения ситуации и требований.
- **Высокая степень управления направленностью**: Возможность формирования нескольких лучей обеспечивает более высокую эффективность в обнаружении и подавлении сигналов.

Структурная схема многолучевой антенной решетки Ван-Атта в системах РЭБ включает в себя антенны излучатели, систему фазового управления, устройство формирования сигнала, систему управления и систему обработки информации. Эта структура позволяет обеспечить высокую эффективность, адаптивность и направленность излучения, что критически важно для успешной реализации задач радиоэлектронной борьбы.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Оценить количественно и сравнить методы поиска по частоте: гарантированный, быстрый.

Правильный ответ:

Оценка и сравнение методов поиска по частоте, таких как гарантированный и быстрый поиск, являются важными задачами в области радиосистем и радиолокации. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, которые могут значительно влиять на эффективность обнаружения сигналов. Рассмотрим их количественную оценку и сравнение.

1. Гарантированный поиск

Описание: Гарантированный поиск предполагает использование алгоритмов, которые обеспечивают 100% вероятность обнаружения сигнала, если он

находится в заданном диапазоне частот. Этот метод может включать использование методов перебора с фиксированным шагом и полное сканирование частотного диапазона.

Алгоритм:

1. Задается диапазон частот *fmin*, *fmax*.
2. Устанавливается фиксированный шаг частоты Δf.
3. Система проходит все частоты от *fmin* до *fmax* с шагом Δf.
4. На каждой частоте выполняется оценка наличия сигнала.

Параметры для количественной оценки:

- **Общее количество частот**: $N = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f}$
- **Время на оценку сигнала**: Δt (время, необходимое для определения наличия сигнала на каждой частоте).
- **Общее время поиска**: $T = N \cdot \Delta t = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f} \cdot \Delta t$

2. Быстрый поиск

Описание: Быстрый поиск предполагает использование методов, которые позволяют быстро проходить частотный диапазон, но с некоторым риском не обнаружить сигнал. Это может включать в себя использование более крупных шагов частоты или методов, основанных на вероятностных алгоритмах.

Алгоритм:

1. Задается диапазон частот *fmin*, *fmax*.
2. Устанавливается больший шаг частоты $\Delta ffast > \Delta f$.
3. Система проходит частоты от *fmin* до *fmax* с шагом $\Delta ffast$.
4. На каждой частоте выполняется оценка наличия сигнала.

Параметры для количественной оценки:

- **Общее количество частот**: $N_{fast} = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f_{fast}}$
- **Общее время поиска**: $T_{fast} = N_{fast} \cdot \Delta t = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f_{fast}} \cdot \Delta t$

3. Сравнительная таблица

Метод	Гарантированный поиск	Быстрый поиск
Общее время поиска	$T = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f} \cdot \Delta t$	$T_{fast} = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f_{fast}} \cdot \Delta t$
Вероятность обнаружения	100% (если сигнал в диапазоне)	< 100% (зависит от величины шага)
Шаг частоты	Δf	$\Delta f_{fast} > \Delta f$
Сложность реализации	Простая реализация	Может требовать более сложных алгоритмов
Применимость	Подходит для критических приложений	Подходит для ситуаций, где скорость важнее

Гарантированный поиск обеспечивает 100% вероятность обнаружения сигнала, но требует больше времени для выполнения (особенно при малом шаге частоты). Быстрый поиск, с другой стороны, позволяет значительно сократить время поиска, но может не обнаружить сигнал, если он находится между частотами, которые проверяются. Выбор подходящего метода зависит от требований к системе, допустимого времени поиска и необходимой вероятности обнаружения.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_16__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Угловой спектр излучения и его физический смысл.

Правильный ответ:

Угловой спектр излучения — это характеристика, описывающая распределение интенсивности электромагнитного излучения (например, радиоволн, света и т.д.) в различных направлениях относительно источника излучения. Он показывает, как мощность или интенсивность излучения варьируется в зависимости от угла относительно некоторой оси (обычно оси антенны или источника).

Физический смысл углового спектра излучения

1. **Распределение мощности**: Угловой спектр излучения позволяет понять, как мощность излучения распределяется в пространстве. Он показывает, в каких направлениях излучение наиболее интенсивно, а в каких — менее.
2. **Направленность антенны**: В контексте антенн угловой спектр излучения помогает оценить их направленность и эффективность. Например, антенны с высоким коэффициентом направленности будут иметь узкий угловой спектр

излучения, что означает, что они излучают большую часть своей мощности в определённом направлении.

3. **Оценка взаимодействия с окружающей средой**: Угловой спектр также может использоваться для анализа того, как излучение взаимодействует с объектами в окружающей среде. Например, в радиолокации угловой спектр может помочь определить, как радиоволны отражаются от различных объектов.
4. **Оптимизация систем связи**: Знание углового спектра излучения позволяет оптимизировать системы связи, чтобы минимизировать помехи и повысить эффективность передачи сигналов. Это особенно важно в условиях, когда необходимо обеспечить связь на больших расстояниях или в сложных условиях.
5. **Анализ явлений интерференции**: Угловой спектр излучения также может быть использован для анализа интерференционных явлений, когда несколько источников излучают в одном диапазоне частот. В таких случаях угловой спектр позволяет оценить, как складываются волны от различных источников.

Формальные характеристики

Угловой спектр излучения может быть представлен в виде двумерной диаграммы направленности (или диаграммы излучения), которая показывает мощность излучения в зависимости от угла. В полярной системе координат это может быть представлено как:

$$I(\theta, \phi) = \frac{P}{P_0}$$

где:

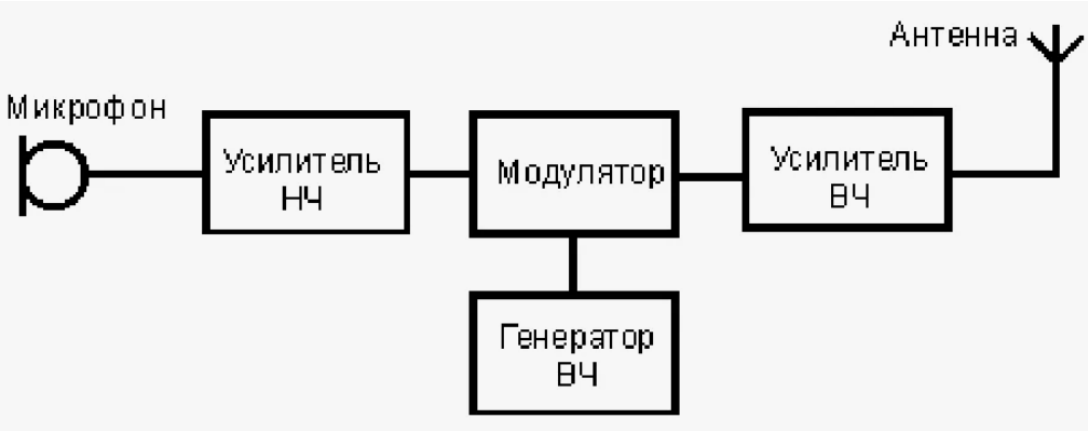
- $I(\theta,\phi)$ — интенсивность излучения в углах θ (азимутальный угол) и ϕ (угол места);
- P — мощность излучения в данном направлении;
- $P0$ — максимальная мощность излучения.

Угловой спектр излучения — это ключевая характеристика, которая позволяет понять, как электромагнитное излучение распределяется в пространстве. Он имеет важное значение в таких областях, как радиосвязь, радиолокация, оптика и другие области, где излучение играет критическую роль. Знание углового спектра позволяет оптимизировать системы передачи и приема сигналов, а также эффективно анализировать взаимодействие излучения с окружающей средой.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему фазового пеленгатора.

Правильный ответ:



Фазовый пеленгатор — это устройство, используемое для определения направления на источник радиосигнала путем анализа фазы принимаемых сигналов. Такие устройства находят применение в радиолокации, системах связи, радиоэлектронной борьбе и других областях. Давайте разработаем и обоснуем структурную схему фазового пеленгатора.

1. Общая структура фазового пеленгатора

Структурная схема фазового пеленгатора может включать следующие основные компоненты:

1. **Антенные элементы**: Набор антенн, расположенных на фиксированном расстоянии друг от друга.

2. **Система фазового сдвига**: Устройства, обеспечивающие измерение разности фаз между сигналами, полученными от различных антенн.
3. **Анализатор сигналов**: Устройство, которое анализирует полученные сигналы и определяет их фазовые различия.
4. **Блок обработки данных**: Обработка данных для определения угла прихода сигнала (УПС) на основе измеренных фазовых различий.
5. **Система отображения и управления**: Интерфейс для отображения результатов пеленгации и управления устройством.

2. Обоснование структуры

2.1. Антенные элементы

Антенны должны быть выбраны с учетом частоты работы и условий эксплуатации. Обычно используются направленные антенны (например, диполи или антенны с фазированной решеткой), которые способны обеспечивать необходимую чувствительность и направленность.

- **Расположение антенн**: Антенны располагаются в виде линейной или двумерной решетки, чтобы обеспечить возможность измерения разности фаз. Расстояние между антеннами должно быть оптимизировано для обеспечения хорошего углового разрешения.

2.2. Система фазового сдвига

Эта система отвечает за измерение разности фаз между сигналами, полученными от антенн. Это может быть реализовано с помощью:

- **Фазовых шифтеров**: Устройства, изменяющие фазу сигнала на определенный угол. Они позволяют точно измерять разности фаз между антеннами.
- **Аналоговых/цифровых фазометров**: Устройства, которые могут производить точные измерения фазовых сдвигов и обеспечивать необходимую точность.

2.3. Анализатор сигналов

Анализатор сигналов выполняет следующие функции:

- **Измерение амплитуды и фазы сигналов**: позволяет точно оценить параметры принимаемых сигналов.
- **Фильтрация**: Устранение шумов и помех для повышения точности измерений.

2.4. Блок обработки данных

Блок обработки данных выполняет:

- **Обработку измеренных фазовых различий**: на основе полученных данных вычисляется угол прихода сигнала с использованием тригонометрических формул.
- **Калибровку и коррекцию**: Учет возможных искажений и ошибок измерений.

2.5. Система отображения и управления

Эта система обеспечивает:

- **Отображение результатов**: Интерфейс для пользователя, показывающий направление на источник сигнала.
- **Управление настройками**: Возможность изменения параметров работы пеленгатора.

3. Применение фазового пеленгатора

Фазовые пеленгаторы имеют следующие ключевые преимущества:

- **Высокая точность**: позволяют точно определять направление на источник сигнала.
- **Быстродействие**: быстро реагируют на изменения в направлении сигнала.
- **Адаптивность**: могут использоваться в различных условиях и с различными типами антенн.

Структурная схема фазового пеленгатора включает антенны, систему фазового сдвига, анализатор сигналов, блок обработки данных и систему

отображения и управления. Эта структура позволяет эффективно и точно определять направление на источник радиосигнала, что критически важно в таких областях, как радиолокация, системы связи и радиоэлектронная борьба. Выбор компонентов и архитектуры системы зависит от конкретных требований к точности, диапазону частот и условиям эксплуатации.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Сравнить требуемый уровень мощности сигнала передатчика КА при зеркальном и диффузном отражении.

Правильный ответ:

Сравнение требуемого уровня мощности сигнала передатчика космического аппарата (КА) при зеркальном и диффузном отражении связано с пониманием того, как различные типы отражения влияют на интенсивность получаемого сигнала. В этом контексте давайте рассмотрим основные аспекты и количественные оценки для каждого из случаев.

1. Зеркальное отражение

Описание: Зеркальное (или регулярное) отражение происходит, когда сигнал отражается от гладкой поверхности. В этом случае отражённый сигнал сохраняет направление, и угол падения равен углу отражения. Это приводит к тому, что большая часть мощности сигнала возвращается в определённом направлении.

Ключевые характеристики:

- **Интенсивность отраженного сигнала**: Зеркальное отражение обеспечивает высокую эффективность перенаправления энергии, что позволяет использовать меньшую мощность передатчика для достижения заданного уровня сигнала на приемнике.

- **Формула для отраженной мощности**: если Pt — мощность передатчика, а R — коэффициент отражения, то мощность, получаемая на приемнике, может быть выражена как: $Pr=Pt \cdot R$

2. Диффузное отражение

Описание: Диффузное отражение происходит, когда сигнал отражается от шероховатой или неравномерной поверхности. В этом случае отражённый сигнал рассеивается во множестве направлений, и часть мощности теряется.

Ключевые характеристики:

- **Интенсивность отраженного сигнала**: при диффузном отражении мощность сигнала, возвращаемого в сторону передатчика, значительно ниже, чем при зеркальном отражении. Это связано с тем, что энергия рассекается по большему углу и меньшая ее часть направляется обратно.
- **Формула для отраженной мощности**: В случае диффузного отражения мощность, получаемая на приемнике, может быть выражена как: $Pr=Pt \cdot Rd$ где Rd — коэффициент диффузного отражения, который значительно меньше, чем R для зеркального отражения.

3. Сравнение требуемого уровня мощности

Для того чтобы достичь одинакового уровня сигнала на приемнике $Pr,target$, можно записать следующие уравнения для зеркального и диффузного отражения:

- Для зеркального отражения: $Pr,target=Pt \cdot R$
- Для диффузного отражения: $Pr,target=Pt \cdot Rd$

Теперь, если мы выразим требуемую мощность передатчика для каждого случая, получаем:

- Для зеркального отражения: $P_t = \frac{P_{r,target}}{R}$
- Для диффузного отражения: $P_t = \frac{P_{r,target}}{R_d}$

4. Выводы

1. **Мощность передатчика**: Поскольку $Rd<R$, то для достижения одного и того же уровня сигнала на приемнике при диффузном отражении потребуется **большая мощность передатчика** по сравнению с зеркальным отражением.
2. **Эффективность отражения**: Зеркальное отражение более эффективно, так как большая часть мощности возвращается в том же направлении, в то время как диффузное отражение приводит к значительным потерям из-за рассеивания сигнала.
3. **Практическое применение**: В системах связи и радиолокации необходимо учитывать тип отражающих поверхностей, поскольку это влияет на требования к мощности передатчика и, следовательно, на потребление энергии и общую эффективность системы.

Таким образом, при сравнении зеркального и диффузного отражения, зеркальное отражение требует меньшей мощности передатчика для достижения заданного уровня сигнала на приемнике, в то время как диффузное отражение требует значительно большей мощности.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_17__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Модификация среды распространения радиоволн в целях РЭБ.

Правильный ответ:

Модификация среды распространения радиоволн в целях радиоэлектронной борьбы (РЭБ) включает в себя различные методы и технологии, направленные на изменение характеристик радиоволн с целью создания помех, снижения эффективности работы вражеских систем или защиты собственных средств связи и управления. Рассмотрим основные подходы к модификации среды распространения радиоволн в контексте РЭБ.

1. Создание помех

Описание: Создание помех — это один из наиболее распространенных методов РЭБ, направленный на подавление или искажение сигналов противника.

- **Активные помехи**: Использование специального оборудования (помеховых станций), которое генерирует сигналы, перекрывающие частотный диапазон, используемый противником. Это может быть реализовано как широкополосные, так и узкополосные помехи.

- **Пассивные помехи**: Использование материалов или структур, которые рассеивают или поглощают радиоволны, тем самым снижая эффективность работы вражеских систем. Это могут быть специальные покрытия, а также геометрические формы, направленные на рассеяние сигналов.

2. Изменение параметров среды

Описание: Изменение параметров среды, таких как температура, влажность и наличие препятствий, может повлиять на распространение радиоволн.

- **Использование аэрозолей**: Введение в атмосферу специальных аэрозолей может изменить характеристики распространения радиоволн, создавая дополнительные помехи или изменяя зону покрытия радиосигналов.
- **Подвижные препятствия**: Использование подвижных объектов (например, дронов или наземных транспортных средств) для создания временных препятствий может изменить параметры распространения радиоволн, а также создать эффект затенения.

3. Модуляция среды

Описание: Модуляция среды включает в себя использование технологий, позволяющих временно изменять характеристики распространения радиоволн.

- **Электронные средства модуляции**: Применение устройств, которые могут изменять параметры среды, например, путем создания плотных облаков ионного или плазменного газа, что может повлиять на распространение радиосигналов.
- **Технологии активной защиты**: Использование систем, которые могут временно изменять свойства среды (например, специальные модулируемые экраны), чтобы затруднить обнаружение и наведение на цели.

4. Информационные войска

Описание: Использование информационных технологий для создания ложных целей или дезинформации.

- **Имитация сигналов**: Создание ложных радиосигналов, которые могут вводить в заблуждение системы противника, заставляя их реагировать на несуществующие угрозы или цели.
- **Кибератаки**: Внедрение в информационные системы противника, с целью изменения данных, которые они используют для принятия решений, что может повлиять на эффективность их радиосистем.

Модификация среды распространения радиоволн в целях РЭБ включает в себя широкий спектр методов и технологий, направленных на создание помех, изменение параметров среды, модуляцию окружающей обстановки и использование информационных войск. Эти методы позволяют создавать значительные трудности для противника в использовании радиосистем, увеличивая шансы на успешное выполнение военных задач. Эффективная реализация таких методов требует всестороннего анализа и планирования, что делает РЭБ важным компонентом современных военных операций.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Провести количественное сравнение методов пассивного определения координат: импульсного, непрерывного, синфазного, дальномерного. Рассчитать момент прихода сигнала различными (двумя) методами.

Правильный ответ:

Для количественного сравнения методов пассивного определения координат, таких как импульсный, непрерывный, синфазный и дальномерный, необходимо рассмотреть их основные характеристики, а также способы расчета момента прихода сигнала. Ниже приведен краткий обзор каждого метода и расчет времени прихода сигнала для двух методов: импульсного и дальномерного.

1. Методы пассивного определения координат

1.1. Импульсный метод

- **Описание**: Этот метод основан на передаче коротких импульсов сигналов и измерении времени, за которое сигнал доходит до приемника. Используется для определения расстояния до источника.
- **Пример расчета**: если известно, что скорость распространения сигнала (например, радиоволны) равна $c \approx 3 \times 108$м/с, и время прихода сигнала t, то расстояние d можно вычислить по формуле: $d = c \cdot t$

1.2. Непрерывный метод

- **Описание**: при этом методе используется непрерывная передача сигнала. Сигналы могут быть модулированы, и координаты определяются на основе анализа полученного сигнала.
- **Преимущества**: более высокая точность по сравнению с импульсным методом, так как используется более высокая частота.

1.3. Синфазный метод

- **Описание**: Этот метод использует несколько антенн для определения направления на источник сигнала по разности фаз. Параметры сигнала фиксируются в нескольких точках.
- **Преимущества**: позволяет определить угол прихода и, следовательно, более точно локализовать источник.

1.4. Дальномерный метод

- **Описание**: Этот метод включает в себя использование измерения времени прихода сигнала, а также анализа его амплитуды. Применяется для определения расстояния до источника.
- **Пример расчета**: как и в импульсном методе, но с использованием усовершенствованных алгоритмов обработки сигнала для повышения точности.

2. Расчет момента прихода сигнала

Для расчетов возьмем два метода: импульсный и дальномерный. Предположим, что сигнал был передан от источника на расстояние 600 км.

1. **Импульсный метод**:

   $$d = 600\,\text{км} = 600 \times 10^3\,\text{м}$$

   Время прихода сигнала *t* можно вычислить по формуле:

   $$t = \frac{d}{c} = \frac{600 \times 10^3\,\text{м}}{3 \times 10^8\,\text{м/с}} \approx 0.002\,\text{с} = 2\,\text{мс}$$

2. **Дальномерный метод**:

   Для дальномерного метода также используем то же расстояние. Мы можем рассмотреть, что для высокоточного измерения времени прибытия сигнала может потребоваться коррекция на задержку в системе.

   $$t = \frac{d}{c} = \frac{600 \times 10^3\,\text{м}}{3 \times 10^8\,\text{м/с}} \approx 0.002\,\text{с} = 2\,\text{мс}$$

   Однако с учетом возможных задержек в системе, например, в 0.5 мс, тогда общее время будет:

   t_{del}=t+0.5мс=2.5мс

3. Сравнительный анализ

- **Импульсный метод**: Время прихода сигнала составляет 2 мс, что является чистым временем без учета задержек.
- **Дальномерный метод**: Время прихода сигнала с учетом возможных задержек составляет 2.5 мс.

Заключение

- Импульсный метод показал более быстрое время прихода сигнала, но может быть менее точным в условиях помех.

- Дальномерный метод предоставляет возможность учитывать дополнительные задержки, что важно для точного определения координат.

Каждый из методов имеет свои сильные и слабые стороны и может быть выбран в зависимости от конкретных условий и требований задачи.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать и провести анализ дальности действия станций РТР в области дифракции, ДТР.

Правильный ответ:

Для расчета и анализа дальности действия радиотехнических разведывательных (РТР) станций в области дифракции и дальнобойной радиолокации (ДТР) необходимо учитывать различные факторы, влияющие на распространение радиоволн, а также использовать соответствующие модели.

1. Основные параметры

1.1. Дифракция радиоволн

Дифракция радиоволн — это явление, при котором радиоволны огибают препятствия и могут достигать приемника за счет изменения направления распространения. Дальность действия РТР-станций в области дифракции может быть оценена с использованием модели, основанной на параметрах среды и характеристиках передатчика.

1.2. Дальность действия

Дальность действия может быть определена с помощью модели, описывающей потерю сигнала в зависимости от расстояния, высоты антенны, частоты и окружающей среды.

2. Формулы для расчета

Для расчета дальности действия РТР-станций можно использовать следующие основные уравнения.

2.1. Потеря сигнала

Потеря сигнала в свободном пространстве может быть описана формулой:

$$L = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32.44$$

где:

- L — потеря сигнала в дБ,
- d — расстояние между передатчиком и приемником (в милях),
- f — частота сигнала (в МГц).

2.2. Дальность действия в условиях дифракции

Для оценки дальности действия в условиях дифракции можно использовать формулу:

$$d_{diff} = \frac{h_t + h_r}{\sqrt{f}}$$

где:

- d_{diff} — дальность действия в условиях дифракции (в километрах),
- h_t — высота антенны передатчика (в метрах),
- h_r — высота антенны приемника (в метрах),
- f — частота сигнала (в МГц).

3. Пример расчета

Предположим, что у нас есть следующие параметры:

- Высота антенны передатчика h_t=30 м,
- Высота антенны приемника h_r=10 м,
- Частота сигнала f=300 МГц.

3.1. Расчет дальности действия в условиях дифракции

Используем формулу:

$$d_{diff} = \frac{h_t + h_r}{\sqrt{f}} = \frac{30 + 10}{\sqrt{300}} \approx \frac{40}{17.32} \approx 2.31\,\text{км}$$

3.2. Потеря сигнала

Теперь рассчитаем потерю сигнала на расстоянии d=2.31 км:

Для конвертации расстояния в мили:

d=2.31км≈1.43мили

Теперь подставим значение в формулу для потерь:

$$L = 20\log_{10}(1.43) + 20\log_{10}(300) + 32.44$$

Рассчитаем:

1. $20\log_{10}(1.43) \approx 20 \cdot 0.155 = 3.1\,\text{дБ}$
2. $20\log_{10}(300) \approx 20 \cdot 2.477 = 49.54\,\text{дБ}$

Теперь подставим в уравнение:

$$L \approx 3.1 + 49.54 + 32.44 \approx 85.08\,\text{дБ}$$

4. Анализ результатов

1. **Дальность действия в условиях дифракции**: в нашем примере дальность действия РТР-станции составляет примерно 2.31 км, что является хорошим значением для городской или лесистой местности, где могут быть препятствия.
2. **Потеря сигнала**: Потеря сигнала составляет примерно 85.08 дБ, что указывает на то, что сигнал будет достаточно слабым на приемнике, особенно если присутствуют дополнительные потери в системе, такие как фоновый шум или затухание.

При проектировании и оценке дальности действия РТР-станций необходимо учитывать различные факторы, включая высоту антенн, частоту и условия окружающей среды. В данном примере мы увидели, что дальность действия в условиях дифракции и потери сигнала могут сильно варьироваться в зависимости от этих параметров. Для более точных расчетов рекомендуется использовать комплексные модели, учитывающие реальные условия распространения радиоволн.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_18__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Уменьшение заметности радиоэлектронных систем.

Правильный ответ:

Уменьшение заметности радиоэлектронных систем (РЭС) является важной задачей в области радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и обеспечения скрытности военных и гражданских технологий. Это достигается за счет применения различных методов и технологий, направленных на снижение вероятности обнаружения, идентификации и локализации радиоэлектронных систем противника. Рассмотрим основные подходы к уменьшению заметности РЭС.

1. Редукция мощности излучения

- **Минимизация мощности передатчика**: Уменьшение выходной мощности радиопередатчиков позволяет снизить радиус действия сигнала и уменьшить его заметность. Это может быть достигнуто за счет использования более чувствительных приемников и технологий обработки сигналов.

- **Импульсные режимы работы**: Использование коротких импульсов с высокой повторяемостью вместо непрерывной передачи сигнала помогает снизить среднее значение мощности, что затрудняет обнаружение.

2. Использование скрытых и направленных антенн

- **Скрытые антенны**: Размещение антенн в труднодоступных или незаметных местах (например, в зданиях, под землей или внутри других объектов) помогает уменьшить их видимость.
- **Направленные антенны**: Использование направленных антенн, таких как параболические или фазированные решетки, позволяет концентрировать сигнал в определенном направлении, уменьшая излучение в других направлениях и, таким образом, уменьшая вероятность обнаружения.

3. Применение технологий стелс

- **Маскировка и поглощение**: Использование материалов, которые поглощают радиоволны (например, специальные полимеры или композиты), снижает уровень отраженного сигнала и уменьшает заметность системы.
- **Форма и геометрия**: Конструкция и форма радиотехнических систем могут быть оптимизированы для минимизации отражения радиоволн. Например, использование угловых и обтекаемых форм может помочь уменьшить заметность.

4. Изменение характеристик сигнала

- **Модуляция и кодирование**: Применение сложных схем модуляции и кодирования может затруднить анализ и обнаружение сигнала. Например, использование частотной или временной модуляции может сделать сигнал менее предсказуемым.

- **Сложные волновые формы**: Создание сигналов с изменяющимися параметрами, такими как частота и амплитуда, может также затруднить их обнаружение.

5. Использование подвижных платформ

- **Мобильные системы**: Размещение РЭС на подвижных платформах (например, на автомобилях, кораблях или дронах) позволяет изменять их позицию и, таким образом, снижать вероятность их обнаружения.
- **Динамические маршруты**: Использование непредсказуемых маршрутов и режимов работы помогает избежать целенаправленного обнаружения.

6. Применение методов дезинформации

- **Имитация сигналов**: Создание ложных радиосигналов, которые могут вводить противника в заблуждение относительно местоположения или характеристик реальной РЭС.
- **Ложные цели**: Использование ложных целей и обманных маневров для отвлечения внимания противника от истинных позиций и характеристик РЭС.

7. Обработка данных

- **Шифрование**: Применение методов шифрования для защиты данных, передаваемых по радио, что делает их трудными для перехвата и анализа.
- **Сложные алгоритмы обработки**: Использование продвинутых алгоритмов обработки сигналов для фильтрации фоновый шумов и выделения полезной информации, что увеличивает вероятность успешной работы РЭС в сложных условиях.

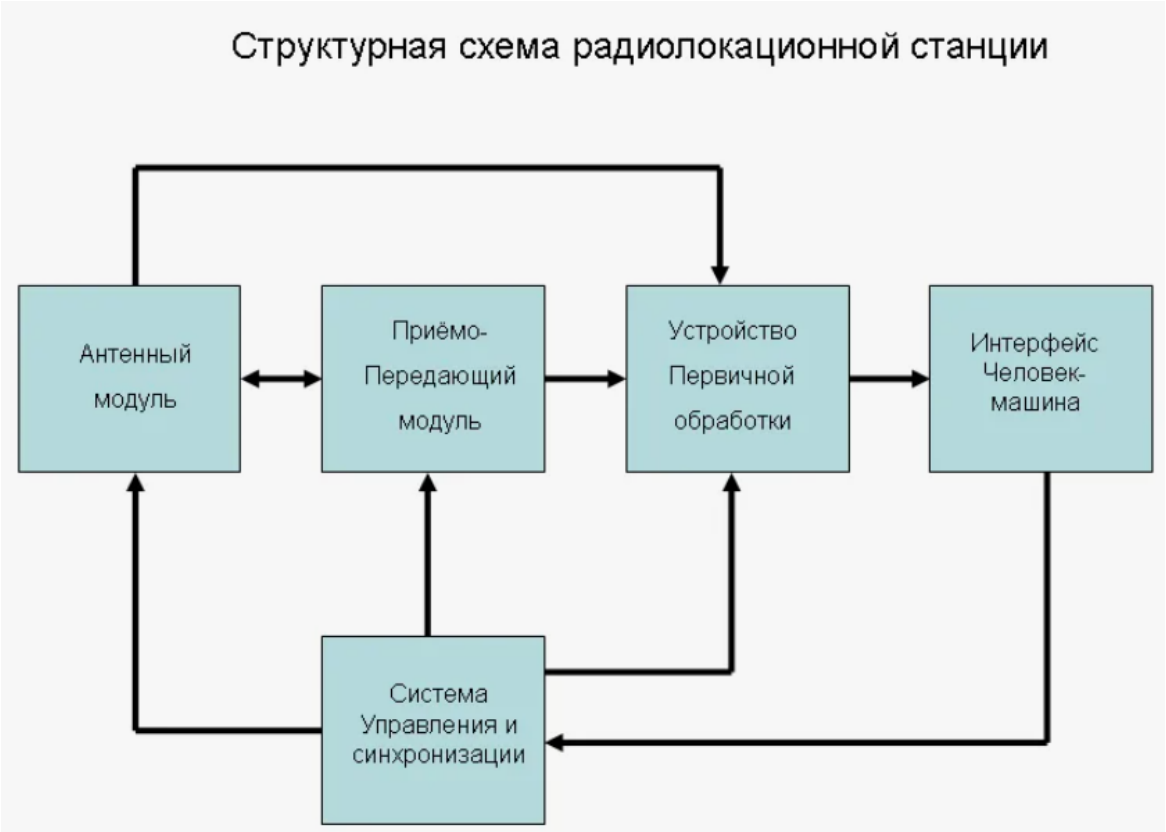
Уменьшение заметности радиоэлектронных систем является комплексной задачей, требующей сочетания различных технологий и подходов. Это включает в себя как физические меры, так и методы обработки сигналов и данных. Эффективная реализация этих методов позволяет значительно

повысить выживаемость и эффективность радиоэлектронных систем в условиях современного боя и сложной радиоэлектронной обстановки.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему канала измерения скорости целей РЛС.

Правильный ответ:



Компоненты структурной схемы

1. **Передатчик**:
   - **Функция**: генерирует радиосигнал, который направляется на целевую объект (например, воздушную цель).
   - **Обоснование**: Передатчик должен иметь возможность работать в определенном диапазоне частот, что позволяет повысить точность измерения скорости и минимизировать влияние внешних помех.
2. **Приемник**:

- **Функция**: принимает отраженный сигнал от цели и преобразует его в электрический сигнал.
- **Обоснование**: Приемник должен быть высокочувствительным, чтобы обнаруживать слабые сигналы, возвращающиеся от удаленных или малозаметных объектов.

3. **Устройство обработки сигналов**:
   - **Функция**: обрабатывает принятый сигнал для уменьшения шумов и выделения полезной информации.
   - **Обоснование**: использует фильтрацию, детектирование и демодуляцию сигналов, чтобы повысить точность измерений и снизить влияние помех.
4. **Алгоритм измерения**:
   - **Функция**: использует методы, такие как доплеровский эффект, для определения скорости цели.
   - **Обоснование**: Алгоритм должен учитывать изменения частоты сигнала в зависимости от скорости движения цели, что позволяет точно вычислить ее скорость.
5. **Вычислитель скорости**:
   - **Функция**: рассчитывает скорость цели на основе обработанных данных.
   - **Обоснование**: Должен быть способен проводить необходимые вычисления и преобразования, чтобы получить точные значения скорости.
6. **Интерфейс пользователя**:
   - **Функция**: предоставляет оператору информацию о скорости целей и других параметрах.

- **Обоснование**: Интерфейс должен быть интуитивно понятным и предоставлять необходимую информацию в удобной для анализа форме.

Обоснование выбора схемы

- **Эффективность**: Структурная схема обеспечивает последовательность обработки данных от момента их получения до отображения результатов, что позволяет минимизировать время реакции системы.
- **Модульность**: Каждый компонент может быть заменен или улучшен без изменения всей системы, что упрощает модернизацию и обслуживание.
- **Точность**: Использование различных методов обработки сигналов и алгоритмов измерения позволяет повысить точность определения скорости целей.
- **Адаптивность**: Система может быть адаптирована под различные условия работы и типы целей, что делает ее универсальной для различных сценариев.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Оценить влияние источников погрешностей точность определения координат станцией РЭБ.

Правильный ответ:

Оценка влияния источников погрешностей на точность определения координат станцией радиоэлектронной борьбы (РЭБ) является важной задачей, поскольку высокая точность необходима для успешного выполнения операций РЭБ, таких как подавление, обман и перехват. Погрешности могут возникать из различных источников, и их влияние может быть значительным. Рассмотрим основные источники погрешностей и их влияние на точность определения координат.

Основные источники погрешностей

1. **Погрешности измерений**:
   - **Шум и интерференция**: Электромагнитные помехи и шумы, возникающие от различных источников (например, от других радиостанций или естественных источников), могут привести к ухудшению качества принимаемого сигнала. Это затрудняет точное выделение информации о координатах цели.
   - **Калибровка оборудования**: Неправильная калибровка антенн и приемников может привести к систематическим ошибкам в измерениях.
2. **Атмосферные условия**:
   - **Затухание сигнала**: Атмосферные условия, такие как дождь, туман или снег, могут вызывать затухание радиоволн, что приводит к потере сигнала и увеличению погрешностей в определении координат.
   - **Рефракция**: Изменения в плотности атмосферы могут вызывать рефракцию радиоволн, что влияет на их путь и может приводить к ошибкам в определении координат.
3. **Геометрические факторы**:
   - **Расположение антенны**: Высота и угол наклона антенны могут повлиять на качество измерений. Если антенна расположена слишком низко или неправильно направлена, это может привести к снижению точности.
   - **Многофакторное влияние**: Наличие препятствий (зданий, деревьев и т.д.) может вызывать затенение и отражение сигналов, что также влияет на точность.
4. **Метод обработки данных**:

- **Алгоритмы обработки**: Применение неэффективных или устаревших алгоритмов обработки данных может привести к ошибкам в вычислениях координат.
- **Ошибки в математических моделях**: Неправильные модели распространения радиоволн или оценки времени прихода сигнала могут приводить к систематическим ошибкам в определении координат.

5. **Технические характеристики оборудования**:
   - **Чувствительность приемников**: Низкая чувствительность может привести к потере слабых сигналов, что затруднит определение координат.
   - **Параметры антенн**: Неправильные параметры антенн (например, направленность и ширина луча) могут увеличить погрешности в определении координат.

Оценка влияния погрешностей

Для количественной оценки влияния погрешностей на точность определения координат можно использовать следующие подходы:

1. **Статистический анализ**: Сбор статистических данных о погрешностях в измерениях и анализ их распределения. Это позволит понять, какие источники погрешностей являются наиболее значимыми.
2. **Моделирование**: Создание математических моделей, которые учитывают различные источники погрешностей и их влияние на результаты измерений. Это может включать в себя симуляцию работы системы РЭБ в различных условиях.
3. **Методы фильтрации**: Применение фильтров (например, фильтра Калмана) для обработки данных, что может помочь снизить влияние шума и других погрешностей, улучшая точность определения координат.

4. **Тестирование и валидация**: Проведение полевых испытаний для оценки точности системы в реальных условиях. Сравнение полученных данных с известными координатами позволит оценить влияние погрешностей.

Точность определения координат станцией РЭБ сильно зависит от множества факторов и источников погрешностей. Для повышения точности необходимо проводить комплексный анализ и учитывать все возможные источники ошибок. Это позволит оптимизировать работу системы и повысить ее эффективность в условиях сложной радиоэлектронной обстановки.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_19__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Станции ответных прицельных по углу помех. Решетки Ван Атта.

Правильный ответ:

Станции ответных прицельных помех (СПП) и решетки Ван Атта являются важными компонентами в области радиоэлектронной борьбы (РЭБ), особенно для создания помех и защиты от радиолокационных систем противника. Ниже рассмотрим основные аспекты этих технологий.

1. Станции ответных прицельных помех (СПП)

Определение: Станции ответных прицельных помех используются для создания помех в ответ на радиолокационные сигналы противника, с целью затруднить его обнаружение и идентификацию целей.

Принцип работы:

- **Обнаружение сигнала**: СПП сначала обнаруживает радиолокационный сигнал, поступающий от противника.
- **Анализ сигнала**: Система анализирует параметры сигнала (частота, длительность, модуляция и т.д.) для определения его характера.

- **Генерация помех**: На основе анализа сигналов, СПП генерирует ответные помехи, которые могут быть направлены на подавление или дезориентацию радиолокационных систем противника.

Типы помех:

- **Десинхронизация**: Помехи, которые изменяют временные характеристики сигнала, затрудняя его обработку.
- **Имитационные**: Создание ложных сигналов, которые могут вводить противника в заблуждение относительно местоположения и характеристик настоящих объектов.

2. Решетки Ван Атта

Определение: Решетки Ван Атта представляют собой тип антенн, используемых для формирования направленного радиосигнала и создания активных помех. Эти антенны позволяют эффективно управлять направленностью излучения.

Структура:

- Решетки Ван Атта состоят из набора излучающих элементов, расположенных в определенном порядке, что позволяет формировать узкие диаграммы направленности.
- Каждый элемент может быть настроен на излучение сигнала с определенной фазой и амплитудой, что позволяет управлять направлением и формой основной диаграммы направленности.

Принцип работы:

- **Коэффициент направленности**: благодаря конструкции решетки, антенна может фокусировать сигнал в определенном направлении, что улучшает качество передачи и приёма.
- **Формирование помех**: Решетки Ван Атта могут использоваться для создания направленных помех в ответ на радиолокационные сигналы противника, обеспечивая высокую степень подавления помех.

3. Применение в РЭБ

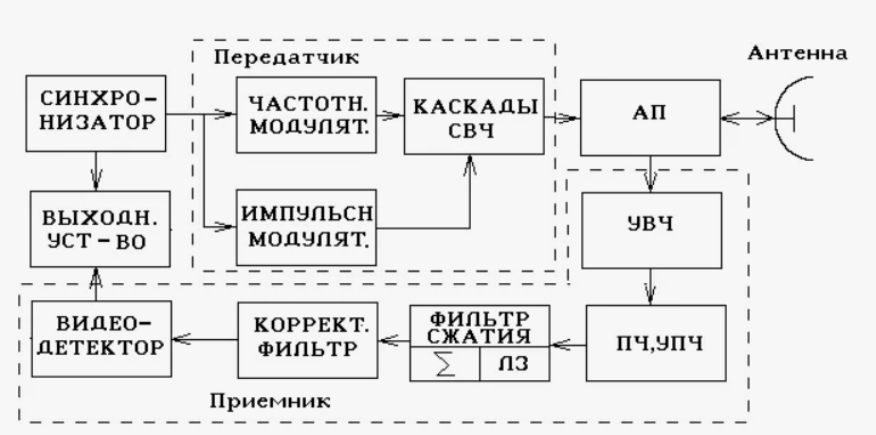
- **Эффективность**: Станции ответных прицельных помех в сочетании с решетками Ван Атта позволяют значительно повысить эффективность радиоэлектронной борьбы, создавая помехи, которые трудно обнаружить и подавить.
- **Гибкость**: Эти системы могут быть адаптированы под различные сценарии, включая защиту от различных типов радиолокационных систем.
- **Улучшение выживаемости**: Использование направленных помех и активных ответов на угрозы позволяет повысить выживаемость как самой станции РЭБ, так и защищаемых объектов.

Станции ответных прицельных помех и решетки Ван Атта играют ключевую роль в современной радиоэлектронной борьбе. Их эффективное использование позволяет значительно повысить уровень защиты от радиолокационных систем противника, создавая сложные и направленные помехи, что делает их незаменимыми в современных военных конфликтах и операциях.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Разработать и обосновать структурную схему канала измерения дальности целей РЛС.

Правильный ответ:



Обоснование компонентов структурной схемы

1. **Передатчик**:
   - **Функция**: генерирует радиосигнал, который излучается в направлении цели.
   - **Обоснование**: для точного измерения дальности передатчик должен иметь стабильную частоту и мощность, чтобы обеспечить хорошее покрытие и минимизировать затухание сигнала.
2. **Антенна**:
   - **Функция**: излучает и принимает радиосигналы.
   - **Обоснование**: Антенна должна иметь направленную диаграмму излучения для сосредоточения сигнала на цели, что увеличивает вероятность его обнаружения.
3. **Приемник**:
   - **Функция**: принимает отраженный сигнал от цели и преобразует его в электрический сигнал.
   - **Обоснование**: Высокая чувствительность приемника необходима для обнаружения слабых сигналов, возвращающихся от удаленных объектов.
4. **Устройство обработки сигналов**:
   - **Функция**: обрабатывает принятый сигнал для уменьшения шумов и выделения полезной информации.
   - **Обоснование**: Использование методов фильтрации, детектирования и демодуляции сигналов существенно повышает точность и надежность измерений.
5. **Определение времени прихода сигнала**:
   - **Функция**: измеряет время, за которое сигнал проходит от передатчика до цели и обратно.

- **Обоснование**: Точное определение времени прихода является критически важным для расчета дальности, так как дальность можно определить по формуле: $$R = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$
  где R — дальность до цели, c — скорость света, Δt — время прихода сигнала.

6. **Вычислитель дальности**:
   - **Функция**: рассчитывает дальность на основе времени прихода сигнала.
   - **Обоснование**: Должен обеспечивать высокую точность вычислений и возможность учета различных факторов (например, рефракции).
7. **Интерфейс пользователя**:
   - **Функция**: предоставляет оператору информацию о дальности до целей и других параметрах.
   - **Обоснование**: Интерфейс должен быть удобным и интуитивно понятным, чтобы оператор мог быстро интерпретировать данные и принимать решения.

Разработка структурной схемы канала измерения дальности целей РЛС требует учета различных факторов и компонентов, которые обеспечивают точность и надежность измерений. Представленная схема позволяет организовать последовательный процесс от генерации радиосигнала до его обработки и отображения результатов, что критически важно для успешного выполнения задач радиолокации. Использование современных технологий и алгоритмов обработки данных позволяет существенно повысить эффективность работы станции и ее способность к обнаружению и сопровождению целей.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Сравнить требуемый уровень мощности сигнала передатчика КА при зеркальном и диффузном отражении.

Правильный ответ:

Для сравнения требуемого уровня мощности сигнала передатчика космического аппарата (КА) при зеркальном и диффузном отражении необходимо учитывать несколько факторов, включая характеристики отражающих поверхностей, угол падения и тип используемой антенны. Рассмотрим основные аспекты, влияющие на мощность сигнала.

1. Зеркальное отражение

Определение: Зеркальное (или идеальное) отражение происходит, когда радиоволна отскакивает от гладкой поверхности, такой как водная поверхность или металлический объект. В этом случае отраженный сигнал сохраняет свою амплитуду и структуру.

Характеристики:

- **Отражательная способность**: При зеркальном отражении коэффициент отражения может быть близок к 1, что означает, что большая часть энергии сигнала возвращается обратно.
- **Угол падения**: Угол падения равен углу отражения, что позволяет эффективно направлять сигнал обратно к источнику.

Формула для расчета мощности:

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \frac{\lambda^2}{(4\pi R)^2} \cdot \Gamma^2$$

где:

- *Pr* — мощность сигнала на приемнике,
- *Pt* — мощность передатчика,
- *Gt* и *Gr* — коэффициенты усиления антенн передатчика и приемника,
- λ — длина волны,

- R — расстояние до цели,
- Г — коэффициент отражения (близок к 1 для зеркального отражения).

2. Диффузное отражение

Определение: Диффузное отражение происходит, когда радиоволна отскакивает от шероховатой или неравномерной поверхности (например, земли, леса или облаков). В этом случае отраженный сигнал рассеивается в различных направлениях.

Характеристики:

- **Отражательная способность**: Коэффициент отражения может быть значительно меньше 1, что означает, что часть энергии поглощается, а другая часть рассеивается.
- **Угол падения**: В этом случае отраженные волны могут уходить в разных направлениях, что затрудняет их возврат к источнику.

Формула для расчета мощности:

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \frac{\lambda^2}{(4\pi R)^2} \cdot \Gamma_d$$

где:

- Гd — коэффициент отражения для диффузного отражения (меньше 1).

Сравнение уровней мощности

- **Зеркальное отражение**: Высокий коэффициент отражения (близкий к 1) приводит к тому, что значительная часть мощности сигнала возвращается к приемнику. Следовательно, требуемая мощность передатчика будет относительно низкой для достижения необходимого уровня сигналов на приемнике.
- **Диффузное отражение**: Низкий коэффициент отражения (например, 0.1 или 0.2) означает, что меньшая часть сигнала возвращается к приемнику. Это требует от передатчика значительно большей мощности для достижения того же уровня сигнала на приемнике.

Заключение

При сравнении требуемых уровней мощности сигнала передатчика КА при зеркальном и диффузном отражении можно сделать следующие выводы:

1. **Зеркальное отражение** требует меньшей мощности передатчика, так как большая часть энергии сигнала возвращается обратно.
2. **Диффузное отражение** требует значительно большей мощности передатчика, так как энергия рассеивается и не возвращается в одном направлении.

Таким образом, при проектировании радиолокационных систем и систем связи важно учитывать тип отражающей поверхности и соответствующим образом подбирать уровень мощности передатчика для обеспечения необходимого уровня сигнала на приемнике.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Основы теории систем радиоэлектронной борьбы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_20__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Классификация и принципы построения станций активных шумовых помех.

Правильный ответ:

Станции активных шумовых помех (САШП) играют ключевую роль в радиоэлектронной борьбе, создавая помехи для подавления или искажения радиосигналов противника. Они используются для защиты объектов от радиолокационных, радионавигационных и радиосвязных систем. Рассмотрим классификацию и основные принципы построения таких станций.

Классификация станций активных шумовых помех

1. **По типу создаваемых помех**:
    - **Шумовые помехи**: Станции, генерирующие широкий спектр шумовых сигналов, которые затрудняют прием полезных радиосигналов. Это может быть белый шум, шипение и другие случайные сигналы.

- **Имитационные помехи**: Станции, создающие ложные радиосигналы, которые вводят противника в заблуждение относительно местоположения или характеристик целей.

2. **По способу генерации помех**:
   - **Станции с фиксированной частотой**: генерируют помехи на определенной частоте, что эффективно против узкоканальных систем.
   - **Станции с изменяемой частотой**: используют частотные скачки или модуляцию для создания помех, что делает их более устойчивыми к фильтрации и подавлению.
3. **По диапазону частот**:
   - **Станции для УКВ (Ульковолновых) диапазонов**: применяются для создания помех в диапазонах от 30 до 300 МГц.
   - **Станции для СВ (Средневолновых) диапазонов**: используются для помех в диапазонах от 300 кГц до 3 МГц.
   - **Станции для КВ (Коротковолновых) диапазонов**: работают в диапазонах от 3 до 30 МГц.
4. **По принципу действия**:
   - **Активные станции**: генерируют свои собственные сигналы для создания помех. Они могут изменять параметры сигналов в реальном времени в ответ на действия противника.
   - **Пассивные станции**: используют отраженные сигналы от окружающей среды (например, от зданий или природных объектов) для создания помех.
5. **По мобильности**:
   - **Мобильные станции**: Установлены на подвижных платформах (например, на автомобилях, кораблях, самолетах) и могут изменять свое местоположение для повышения эффективности.

- **Стационарные станции**: Установлены на фиксированных позициях и используются для защиты определенной зоны.

Принципы построения станций активных шумовых помех

1. **Модульность**: Станции должны быть построены из модульных компонентов, что позволяет легко заменять или обновлять отдельные элементы, такие как передатчики, антенны и устройства обработки сигналов.
2. **Гибкость настройки**: Системы должны поддерживать возможность изменения параметров генерации помех (частота, мощность, форма сигнала) в зависимости от условий работы и типов угроз.
3. **Автономность**: Станции должны иметь возможность работать в автономном режиме, обеспечивая длительное функционирование без внешних источников питания. Это особенно важно для мобильных платформ.
4. **Селективность и адаптивность**: Станции должны уметь адаптироваться к изменению обстановки, анализируя спектр получаемых сигналов и настраивая параметры генерации помех для подавления наиболее опасных сигналов.
5. **Совместная работа**: Станции должны иметь возможность работать в составе группировки для создания более мощных и эффективных помех, а также для обмена данными и координации действий.
6. **Интеграция с другими системами**: Станции могут интегрироваться с системами обнаружения и управления для обеспечения комплексного подхода к радиоэлектронной борьбе.
7. **Использование современных технологий**: Применение цифровых технологий и алгоритмов обработки сигналов позволяет улучшить качество генерируемых помех и повысить их эффективность.

Станции активных шумовых помех являются важным инструментом в области радиолокации и радиоэлектронной борьбы. Их классификация и принципы построения позволяют создавать эффективные системы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям и обеспечивать надежную защиту от радиосигналов противника. Использование современных технологий и методов обработки сигналов значительно повышает эффективность таких систем.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Сравнить достоинства и недостатки ответные шумовые помехи и заградительных помех.

Правильный ответ:

Сравнение достоинств и недостатков ответных шумовых помех и заградительных помех является важной частью анализа методов радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Эти два подхода имеют свои особенности, которые влияют на их эффективность в различных условиях. Рассмотрим их основные достоинства и недостатки.

1. Ответные шумовые помехи

Определение: Ответные шумовые помехи создаются в ответ на действия противника, чаще всего это помехи на частоте, на которую противник осуществляет радиолокацию или радиосвязь.

Достоинства:

- **Адаптивность**: Ответные помехи могут быть адаптированы в реальном времени в зависимости от характеристик сигналов противника, что делает их более эффективными.
- **Целевая настройка**: позволяют сосредоточить помехи на конкретных сигналах и частотах, что приводит к более эффективному подавлению выбранных источников угроз.

- **Экономия ресурсов**: поскольку помехи создаются только в ответ на активные сигналы противника, это может снизить общую нагрузку на систему и уменьшить потребление энергии.
- **Невозможность предсказания**: Противник может не знать, когда и какие помехи будут созданы, что затрудняет ему адаптацию к условиям.

Недостатки:

- **Зависимость от активности противника**: если противник временно прекратит активные действия, система помех может оказаться неэффективной.
- **Необходимость анализа**: для эффективного использования ответных помех требуется сложное оборудование для анализа и обнаружения сигналов, что может увеличить стоимость системы.
- **Ограниченная площадь действия**: Ответные помехи могут быть менее эффективными против широкоспектровых атак или одновременно действующих источников.

2. Заградительные помехи

Определение: Заградительные помехи создаются с целью непрерывного подавления сигналов на определенных частотах, независимо от активности противника.

Достоинства:

- **Широкая зона покрытия**: Заградительные помехи могут охватывать большие площади и подавлять множество сигналов одновременно, что делает их эффективными против массовых атак.
- **Непрерывная защита**: Помехи создаются постоянно, обеспечивая защиту на протяжении всего времени операции.
- **Простота реализации**: Заградительные помехи могут быть проще в реализации, поскольку не требуют анализа входящих сигналов, а просто генерируют шум на определенных частотах.

Недостатки:

- **Расход ресурсов**: Постоянная генерация помех требует значительных энергетических и аппаратных ресурсов, что может привести к быстрому исчерпанию ресурсов системы.
- **Уязвимость к фильтрации**: Противник может использовать методы фильтрации и подавления для минимизации воздействия заградительных помех.
- **Потеря полезных сигналов**: Заградительные помехи могут также влиять на свои собственные сигналы и другие полезные радиосигналы, что может привести к снижению общей эффективности связи и управления.

Сравнение ответных шумовых помех и заградительных помех показывает, что каждый из подходов имеет свои сильные и слабые стороны:

- **Ответные шумовые помехи** обеспечивают адаптивность и целенаправленность, но зависят от активности противника и требуют сложного анализа.
- **Заградительные помехи** гарантируют широкую защиту и непрерывную работу, но требуют больших ресурсов и могут негативно сказываться на полезных сигналах.

Выбор между этими методами зависит от конкретной тактической ситуации, целей радиолокации и радиоэлектронной борьбы, а также от доступных ресурсов и технологий. Часто целесообразно использовать комбинированный подход, который включает элементы обоих методов для достижения максимальной эффективности.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать коэффициент снижения заметности целей от их формы (шар, конус, квадрат) при узкополосном зондирующем широкополосном сигнале.

Правильный ответ:

Для оценки коэффициента снижения заметности целей различных форм (шар, конус, квадрат) при узкополосном зондирующем широкополосном сигнале можно использовать концепцию эквивалентной радиолокационной отражающей площади (РРП). Этот параметр зависит от геометрической формы объекта, его размеров и угла падения сигнала.

Основные параметры

1. **Радиолокационная отражающая площадь (РРП)**: это мера способности объекта отражать радиосигналы. Она определяется как эффективная площадь, которая отражает радиосигналы обратно к источнику.
2. **Коэффициент заметности (K)**: Отношение РРП цели к РРП идеального отражателя (например, плоской поверхности) при тех же условиях.

Расчет РРП для различных форм

1. **Шар**

РРП шара радиусом R может быть рассчитана по формуле:

$$\sigma_{sphere} = \pi R^2$$

2. **Конус**

РРП конуса с основанием радиусом R и высотой h рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{cone} = \frac{1}{3}\pi R^2 \cdot \frac{h}{R} = \frac{1}{3}\pi Rh$$

где Rh — отношение высоты к радиусу основания.

3. **Квадрат (плоский прямоугольник)**

РРП для квадрата со стороной a (или прямоугольника) определяется как: $\sigma_{square} = a^2$

Пример расчета

Предположим, что у нас есть следующие размеры объектов:

- Радиус шара R=1 м.
- Радиус основания конуса R=1 м, высота h=2 м.
- Сторона квадрата a=1 м.

Теперь рассчитаем РРП для каждой формы:

1. **Шар**: $\sigma_{sphere} = \pi(1^2) = \pi \approx 3.14 \text{ м}^2$
2. **Конус**: $\sigma_{cone} = \frac{1}{3}\pi(1^2) \cdot 2 = \frac{2}{3}\pi \approx 2.09 \text{ м}^2$
3. **Квадрат**: $\sigma_{square} = 1^2 = 1 \text{ м}^2$

Коэффициент снижения заметности (K)

Коэффициент заметности (K) можно рассчитать, как отношение РРП различных форм к РРП шара, который является наиболее заметной формой:

- Для шара: $K_{sphere} = \frac{\sigma_{sphere}}{\sigma_{sphere}} = 1$
- Для конуса: $K_{cone} = \frac{\sigma_{cone}}{\sigma_{sphere}} = \frac{\frac{2}{3}\pi}{\pi} = \frac{2}{3} \approx 0.67$
- Для квадрата: $K_{square} = \frac{\sigma_{square}}{\sigma_{sphere}} = \frac{1}{\pi} \approx 0.32$

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., профессор каф. РИС _____В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев