

ВИДЫ ПОМЕХ В РАДИОЛОКАЦИИ

Марков Константин Иванович

курсант, Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г. К. Жукова, РФ, г. Тверь

Проворов Владислав Николаевич

курсант, Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г. К. Жукова, РФ, г. Тверь

Григоров Никита Анатольевич

курсант, Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г. К. Жукова, РФ, г. Тверь

TYPES OF INTERFERENCE IN RADAR

Konstantin Markov

Cadet Military Academy of Aerospace Defense named after Marshal of the Soviet Union G. K. Zhukov, Russia, Tver

Vladislav Provorov

Cadet Military Academy of Aerospace Defense named after Marshal of the Soviet Union G. K. Zhukov, Russia, Tver

Nikita Grigorov

Cadet Military Academy of Aerospace Defense named after Marshal of the Soviet Union G. K. Zhukov, Russia, Tver

Аннотация. В современных вооруженных конфликтах сейчас повсеместно применяются средства радиолокации для обнаружения вражеской техники. Но противник знает об этом и может применять средства для создания помех при обнаружении. В данной статье даются основы о видах помех и их подробным анализом для дальнейшего познания данной темы.

Abstract. In modern armed conflicts, radar equipment is now widely used to detect enemy equipment. But the enemy knows about this and can use means to interfere with detection. This article provides the basics about the types of interference and their detailed analysis for further understanding of this topic.

Ключевые слова: помеха; излучение; частота; сигнал; рлс; диапазон; шумовые; активные.

Keywords: interference; radiation ;frequency ;signal; radar; range; noise; active.

Помехи при работе радиолокационных станций можно разделить на две большие группы: умышленные (организованные) и естественные. К естественным помехам относятся сигналы различных мешающих отражений: гидрометеоров, земной и водной поверхности, различных предметов и сигналы, образующиеся за счет грозовых разрядов, космических радиоизлучений, излучение радиоволн земной поверхностью и т. п. . Умышленные помехи создаются противником с помощью специальных технических средств. Кроме этих двух основных групп помех на радиолокационные станции могут воздействовать мешающие сигналы, поступающие от соседней радиотехнической аппаратуры, работающей в том же диапазоне волн.

В зависимости от способа образования помехи разделяются на пассивные и активные. Естественными пассивными помехами являются сигналы, отраженные от облаков, дождя, леса, кустов и других местных предметов. Пассивные помехи могут маскировать полезный сигнал либо создавать отметки ложных целей.

Умышленные пассивные помехи создаются с помощью искусственных отражателей, сравнительно интенсивно переизлучающих энергию падающих радиоволн. Для создания организованных пассивных помех используются дипольные полуволновые отражатели, изготовленные из лент фольги или металлизированного стекловолокна, уголковые и биконические отражатели, линзы Лüneберга и т. п.

Дипольные отражатели используются, главным образом, для маскировки воздушных целей. Степень маскировки полезного сигнала зависит от эффективной площади рассеяния каждого отражателя, количества отражателей в единице объема и величины отражающего объема. Различные типы уголковых отражателей используются для создания ложных наземных, надводных и воздушных целей и для изменения очертаний наземных предметов, например береговой линии, конфигураций городов и т. д.

Активные помехи создаются источниками электромагнитной энергии. Активными естественными помехами являются грозовые разряды, шумы атмосферы, космическое радиоизлучение и тепловое излучение радиоволн земной поверхностью.

Естественные активные помехи

Существует два основных вида источников естественных активных помех: распределенные и дискретные. К распределенным источникам помех относятся галактические шумы (шумы Янского), излучение атомарного водорода и шумы атмосферы. Дискретными источниками помех являются Солнце, Луна и радиозвезды.

Интенсивность внешних естественных шумов принято оценивать яркостью **B** или яркостной температурой **T** . Под яркостью понимают плотность потока энергии шумов, которая принимается на поверхности Земли антенной, имеющей ширину луча в **1 стгр** (предполагается, что **B** остается постоянной в пределах ширины диаграммы направленности).

Яркостная температура **T** . является температурой абсолютно черной поверхности, имеющей такую же яркость, как рассматриваемая область неба. Величина **T** измеряется в градусах Кельвина. Яркость и яркостная температура связаны между собой соотношением Релея-Джинса

$$B = \frac{2kT}{\lambda^2}$$

где **k** - постоянная Больцмана, равная **$1,38 * 10^{-23}$** ;

λ - длина волны.

Распределенные космические шумы наблюдаются при приеме сигналов со всех направлений, но наиболее интенсивны они в плоскости Галактики, особенно в направлении на ее центр, находящийся в районе созвездия Стрельца. Вблизи галактического центра мощность космических шумов возрастает в 10-20 раз по сравнению со средним уровнем излучения остальной части Галактики.

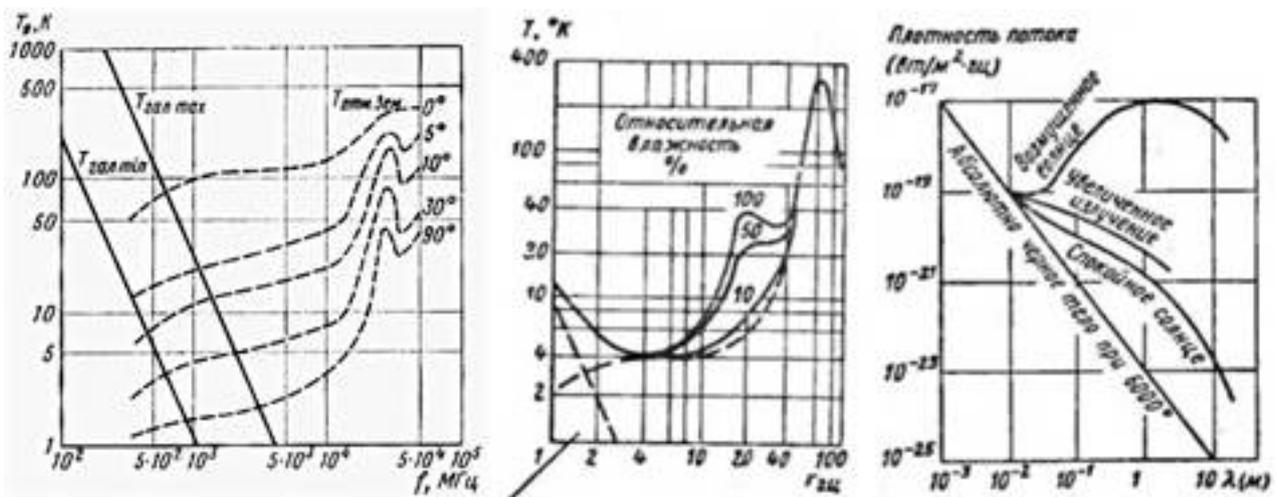
Эффективная температура космического радиоизлучения уменьшается с увеличением

$$\frac{\alpha}{f^n}$$

частоты по закону f^n , где n для большей части радиочастотного диапазона лежит в пределах от 2 до 2,7. На частотах свыше 2000 Мгц уровень галактических шумов становится небольшим и преобладающим источником внешних естественных помех является собственное тепловое излучение атмосферы.

Земная атмосфера содержит кислород и пары воды, которые поглощают и излучают радиоволны, количество кислорода в атмосфере относительно постоянно во времени и он определяет постоянный шумовой фон. Количество водяных паров и величина вызываемых ими шумов изменяются в зависимости от местоположения и времени года.

Графики, характеризующие зависимость среднего уровня космических атмосферных шумов от частоты, приведены на рис. 1, а. Влияние относительной влажности на интенсивность атмосферного излучения характеризуется графиками, изображенными на рис. 1, б.



а)

б)

в)

Рисунок 1. Графики, характеризующие зависимость среднего уровня космических атмосферных шумов от частоты

Указанные графики позволяют определить диапазон частот с наименьшим уровнем естественных активных помех. Нижняя граница этого диапазона примерно равна

$$(2 \div 3) \cdot 10^3 \text{ Мгц, а верхняя доходит до } (10 \div 15) \cdot 10^3 \text{ Мгц. Средняя}$$

температура шумов в этом диапазоне не превышает $10 \div 20$ °К (для углов возвышения

антенного луча более $25 \div 30$ °).

К распределенным источникам шумов относится также монохроматическое излучение межзвездного водорода ($\lambda=21$ см). Интенсивность этого излучения значительно превосходит мощность шумов Галактики, однако излучение водорода происходит только на одной частоте, поэтому как источник помех для РЛС, работающих на других волнах, оно не имеет значения.

Кроме распределенных источников космических шумов имеется большое количество источников радиоизлучения со сравнительно небольшими угловыми размерами, Подобные источники называют радиозвездами. Самые мощные радиозвезды расположены в плоскости Галактики. Как правило, плотность потока энергии излучения радиозвезд уменьшается с увеличением частоты.

Наиболее интенсивными радиозвездами являются Кассиопея-А, Лебедь-А и Телец-А.

Плотность потока излучения самой яркой радиозвезды Кассиопея-А составляет 10^{-23} на частоте 1 ГГц и около $6 \cdot 10^{-23}$ на частоте 10 ГГц. Шумовое излучение радиозвезд невелико и им можно пренебречь по сравнению с распределенными галактическими шумами даже в случае достаточно узких диаграмм направленности антенны. Так, например, на частоте 100 МГц плотность потока от Кассиопеи-А составляет $2 \cdot 10^{-22}$, а яркость Галактики в направлении радиозвезды равна $5 \cdot 10^{-21}$. Антенна с эффективной площадью $A = 100$ м² будет принимать от Кассиопеи-А мощность $2 \cdot 10^{-20}$. Луч антенны при этом составит пространственный угол около $0,1$ стгр и антенна будет воспринимать излучение галактического фона $5 \cdot 10^{-20}$.

Среди дискретных источников космического шума практическое влияние на работу радиолокационных станций СВЧ диапазона могут оказывать только Солнце и в меньшей степени Луна. Радиочастотный спектр солнечного излучения имеет сложный характер и в сильной степени зависит от состояния Солнца, В миллиметровом диапазоне волн излучение Солнца соответствует излучению абсолютно черного тела при температуре 6000° К. На более длинных волнах интенсивность излучения спокойного Солнца значительно больше. В диапазоне $2-60$ см интенсивность радиоизлучения в достаточно сильной степени зависит от величины и количества солнечных пятен. Периодичность появления пятен приводит к периодическому увеличению радиоизлучения Солнца.

В метровом диапазоне воли средний уровень излучения остается приблизительно постоянным в течение значительного времени, однако существуют сильные возмущения «шумовые бури», состоящие из серий вспышек, продолжающихся в течение нескольких часов или дней, причем излучение при вспышках обладает резко выраженной круговой поляризацией.

Солнечные факелы вызывают кратковременное резкое повышение энергии излучения как в сантиметровом, так и в метровом диапазонах волн. Длительность таких возмущений составляет несколько минут, а интенсивность радиоизлучения в эти моменты времени может увеличиваться на несколько порядков.

Характеристика интенсивности радиоизлучения Солнца изображена на рис. 1, в. Для сравнения показан уровень излучения абсолютно черного тела при $t= 6000^\circ$ К. Кривая возмущенного Солнца характеризует наиболее вероятный уровень излучения при возмущении. Максимальные вспышки могут давать значительно больший поток электромагнитной энергии. Так, например, зарегистрированы вспышки с плотностью потока, равной 10^{-15} .

Радиоизлучение Луны имеет значительно меньшую интенсивность и проявляется только в диапазоне СВЧ, где плотность потока примерно составляет 10^{-21} .

С Солнцем и Луной как источниками внешних помех РЛС следует считаться только в том случае, когда основной или наиболее интенсивные боковые лепестки диаграммы направленности антенны РЛС ориентированы на них. Галактические и атмосферные шумы проявляются повсеместно и они являются наиболее серьезным видом естественных активных помех.

Для полноты изложения следует упомянуть о возможных помехах со стороны излучения, вызываемого грозowymi разрядами. Максимум излучения атмосферных разрядов лежит в диапазоне длинных волн ($\lambda \approx 1$ км), но заметную величину могут иметь гармоники на метровых и дециметровых волнах. Например, на длине волны 50 см поток мощности излучения молний

может достигать величины 10^{-18} .

Активные умышленные помехи

Активные умышленные помехи создаются специальными передатчиками помех, которые могут находиться как на самом объекте, за которым ведется радиолокационное наблюдение, так и вне его. В первом случае помеха называется совмещенной, во втором - несовмещенной.

Организованные активные помехи:

-оказывают маскирующее воздействие, подобное действию внутренних шумов приемника;

-вызывают перегрузки приемника, после которых в течение некоторого времени наблюдение за полезными сигналами делается невозможным;

-создают отметки ложных целей, по своему виду аналогичные отметкам реальных целей.

В зависимости от того, создается ли помеха в узкой или широкой полосе частот, различают прицельные и заградительные помехи. Прицельными помехами называют мешающие сигналы, частотный спектр которых значительно меньше ширины диапазона частот, в которых может работать подавляемая радиолокационная станция. Для эффективного воздействия на РЛС передатчик прицельной помехи должен иметь возможность быстро перестраиваться на любую частоту в пределах рабочего диапазона. Заградительными помехами называют мешающие сигналы, частотный спектр которых охватывает весь диапазон частот, в пределах которого необходимо подавлять работу противника. Заградительные помехи в противоположность прицельным могут подавлять работу сразу нескольких радиолокационных станций, работающих на различных частотах.

С энергетической точки зрения прицельная помеха является более выгодной, так как коэффициент использования передатчика помех (отношение суммарной полосы пропускания приемников, подавляемых РЛС, к ширине спектра частот станции помех) у прицельных помех значительно выше, чем у заградительных. Однако непроизводительная затрата мощности при создании широкополосной помехи в ряде случаев может оправдываться оперативностью применения (нет необходимости в точной настройке несущей частоты передатчика помех) и возможностью одновременного подавления целой группы различных РЛС.

Наиболее эффективно воздействовать на РЛС помеха будет в том случае, если она создается на основе знания параметров РЛС. Поэтому для создания максимально эффективной помехи необходимо вначале разведать основные параметры РЛС. Как известно, трудность разведки параметров радиолокационной станции называют скрытностью работы РЛС. Способность радиолокационной станции сохранять свои параметры при воздействии помех называют помехоустойчивостью. Помехоустойчивость и скрытность работы определяют помехозащищенность радиолокационной станции.

Сигналы станций помех могут быть импульсными и непрерывными. Импульсные сигналы применяются, как правило, в качестве прицельных помех. Импульсные помехи, частота следования которых равна или кратна частоте повторения полезных сигналов, называются синхронными импульсными помехами. Синхронные помехи чаще всего создают путем ретрансляции принимаемого сигнала. Станция помех принимает сигналы, излучаемые РЛС,

усиливает их, модулирует, наделяя ложной информацией, и практически мгновенно переизлучает точно на такой же несущей частоте. Синхронные помехи образуют на индикаторе РЛС одну или целый ряд ложных неподвижных или подвижных целей, дезинформируя получателя радиолокационной информации.

Несинхронной помехой называется помеха, частота следования импульсов которой находится в произвольном соотношении с частотой F_{Π} . Несинхронные импульсные помехи создают на индикаторе РЛС отметки, перемещающиеся по дальности. Характер движения ложных сигналов зависит от соотношения между частотой помехи и частотой повторения импульсов РЛС. Выделить полезный сигнал на фоне несинхронных помех проще, однако при высокой по сравнению с F_{Π} частоте следования импульсов помехи и случайном законе ее изменения полезный сигнал может быть замаскирован быстро и хаотически перемещающимися импульсными отметками.

Непрерывные помехи могут представлять собой незатухающие немодулированные и модулированные по частоте и амплитуде колебания. Непрерывные помехи с узким энергетическим спектром применяются только как прицельные помехи, маскирующие сигнал и вызывающие перегрузку приемного канала РЛС. Непрерывные сигналы с шириной спектра, превышающей полосу пропускания приемника применяются как прицельные и как заградительные помехи.

Наибольшим маскирующим воздействием обладает шумовая помеха, имеющая максимальную энтропию. Такие помехи могут быть созданы путем прямого усиления шумового напряжения или путем шумовой модуляции незатухающего колебания. Мешающее воздействие таких помех подобно действию внутренних шумов приемника, а при большой мощности помех они, кроме того, могут вызывать перегрузки приемного тракта.

Для защиты от активных умышленных помех в радиолокации можно использовать следующие методы:

1. Селекция сигналов. Пространственная, временная, частотная, поляризационная и структурная селекция помогают отделить полезные сигналы от помех. Например, для защиты от прицельной по частоте помехи используют многочастотное излучение и быструю перестройку несущей частоты зондирующего сигнала.
2. Предотвращение перегрузки приёмника. Для этого применяют логарифмические усилители и схемы автоматической регулировки усиления, а также схемы с нелинейной обработкой сигналов.
3. Повышение энергетического потенциала. Этого достигают за счёт увеличения энергии зондирующего сигнала, коэффициента усиления антенны в направлении на цель.
4. Стабилизация уровня ложных тревог. Для этого используют перестраиваемые режекторные фильтры.
5. Использование автокомпенсаторов. Один автокомпенсатор эффективно компенсирует помеху с одного углового направления, для компенсации помех с нескольких направлений используют многоканальные автокомпенсаторы.
6. Применение широкополосных зондирующих импульсов. Расширение спектра сигнала затрудняет создание шумовых маскирующих активных помех.

Список литературы:

1. Теоретические основы радиолокации» — учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов, изданное под редакцией В. Е. Дулевича в 1978 году.

2. Электронная библиотека: [<https://cyberleninka.ru>]
3. Борьба с пассивными и активными помехами: [<https://bstudy.net>]
4. Учебник: "Радиолокационные системы". Бердышева В. П.