



Теоретические основы радиолокации

Расчет основных параметров импульсной радиолокационной станции в зависимости от заданных характеристик.

Расчет зон действия радиолокационных систем

Тактико-технические характеристики РЛС ГА

**Технические и эксплуатационные характеристики РЛС ГА
Справочный материал**

Литература

Ковалевский В. Г. Радиолокационные системы гражданской авиации: Учебное пособие. – Красноярск: Красноярский филиал Университета ГА, 2017 – 157 с.



Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Все многообразие характеристик РЛС можно разделить на три группы: **тактические, технические и эксплуатационные.**

В качестве исходных данных при расчете РЛ берутся их тактические показатели.

Тактические характеристики РЛС определяют ее назначение и функциональные возможности при практическом применении.

Тактическими характеристиками РЛС являются :

- зона обзора;
- период обзора;
- показатели эффективности обнаружения объекта;
- измеряемые координаты и параметры движения объектов и точность измерений;
- разрешающая способность;
- пропускная способность;
- помехоустойчивость;
- электромагнитная совместимость;

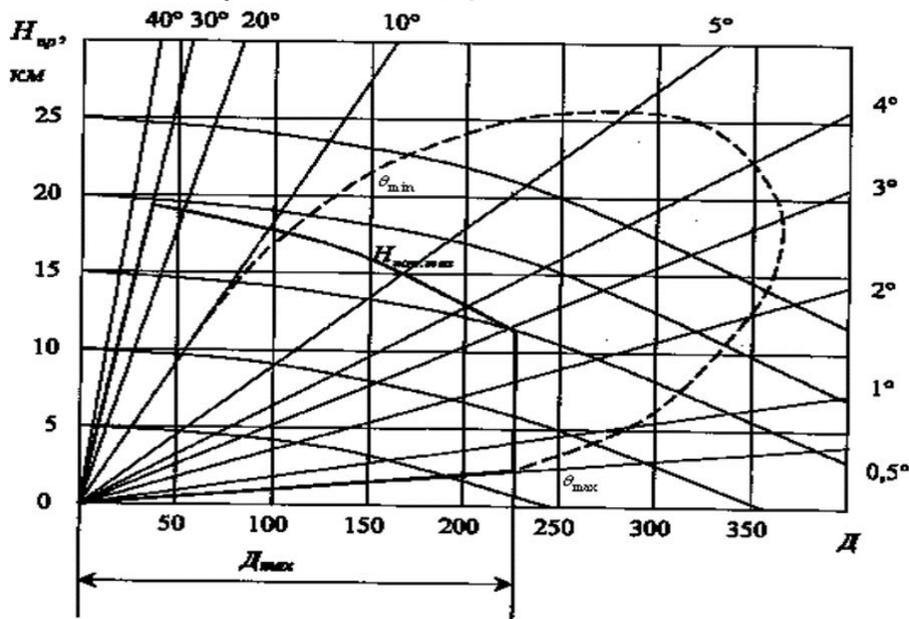


Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Зоной обнаружения РЛС называют пространство, в пределах которого РЛС обнаруживает цели с определенными отражающими свойствами, с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги.

Зону обнаружения представляют в виде сечений в вертикальной плоскости (Д в) и в горизонтальной (Д г):

Зона обнаружения РЛС



$$D_B = R_{0\max} F(\varphi, \theta)_{\varphi=\text{const}}$$

$$D_G = R_{0\max} F(\varphi, \theta)_{H=\text{const}}$$

где $F(\varphi, \theta)$ - нормированная ДН антенны;

φ - азимутальный

θ - угол места;

H - высота расположения

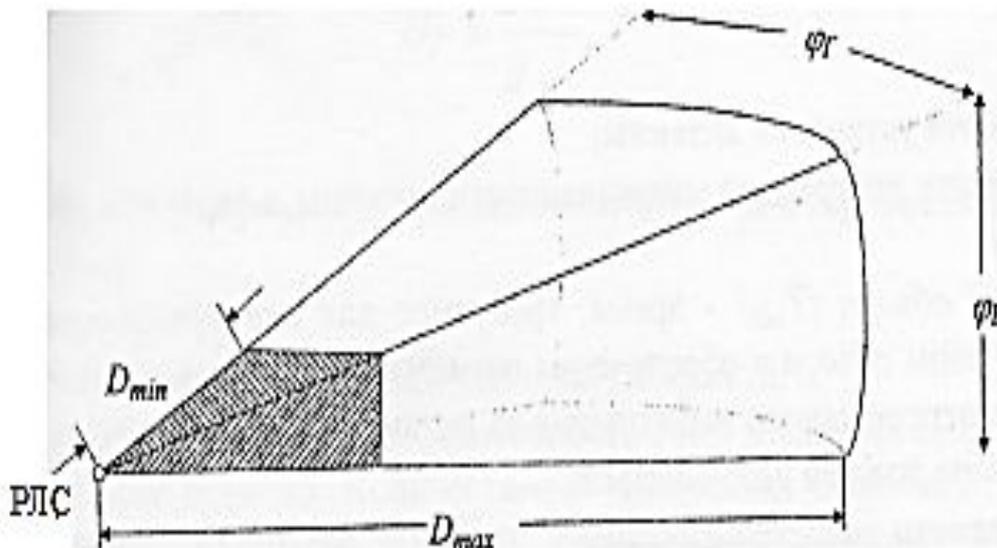
$R_{0\max}$ - максимальная дальность действия РЛС.

В качестве примера приведено вертикальное сечение зоны обнаружения РЛС кругового обзора, которая строится в координатах «наклонная дальность» - «приведенная высота».



Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Зона обзора ограничивается максимальной (D_{max}) и минимальной (D_{min}) дальностью действия и секторами обзора в горизонтальной (φ_H) и вертикальной (φ_B) плоскостях



Максимальная дальность радиолокационного обнаружения зависит от технических параметров РЛС, характеристик отражающего объекта, состояния атмосферы, подстилающей поверхности и ряда других факторов.

Минимальная дальность РЛС определяется длительностью зондирующего импульса (для импульсных РЛС), временем восстановления чувствительности приемников (включая инерционность антенного переключателя при переходе из режима передачи в режим приема), а также зависит от высоты установки антенны РЛС и ширины диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости.

Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Период обзора ($T_{обз}$) - время, требуемое для однократного облучения всех точек зоны обзора и обеспечения возможности приема сигналов из этих точек. Для непрерывного наблюдения за целями с увеличением их скорости период обзора должен уменьшаться.

Период обзора пространства зависит от многих факторов, в том числе от ширины диаграммы направленности антенны (ДНА) РЛС (φ_a), сектора обзора ($\Delta\varphi$), числа импульсов n , отраженных от цели за время одного обзора, и максимальной дальности действия. Для РЛС кругового обзора он определяется следующим выражением:

$$T_{обз} = t_{\varphi} \frac{360^{\circ}}{\varphi_a},$$

где $t_{\varphi} = nT_n$ - время, необходимое для того, чтобы антенна повернулась на угол, равный ширине ДН антенны; T_n - период повторения импульсов; n - число импульсов в пачке отраженных сигналов.



Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Показатели эффективности обнаружения объекта

- вероятность правильного обнаружения $P_{по}$ цели при заданной вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

В большинстве РЛС измеряются три координаты объектов: дальность, азимут, угол места.

Первые, а иногда и вторые производные *измеряемых координат* являются *параметрами движения этих объектов*. Для наблюдения за наземными и надводными объектами (навигационные РЛС) достаточно измерения только двух координат: **дальности и азимута**. Средства РТР измеряют две координаты: **азимут и угол места**.

Точность измерения координат объекта и параметров его движения характеризуется *среднеквадратичными ошибками измерения*.

Разрешающая способность - способность *раздельного обнаружения измерения координат или параметров движения близко расположенных объектов*. Характеризуется *разрешающей способностью по дальности, азимуту, углу места, скорости цели и т.д.*



Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Разрешающая способность РЛС по какому-либо параметру – минимальная разность этих параметров между двумя ВС с одинаковыми остальными координатами и отражающими свойствами, при которых возможно раздельное наблюдение каждого ВС.

Различают разрешающую способность по дальности и угловым координатам. Разрешающая способность по дальности определяется

следующим выражением:

$$\delta_R = \frac{c\tau}{2} + \frac{D_M d_{\Pi}}{R_{инд}}$$

где D_M - масштаб развертки индикатора кругового обзора (ИКО); d_{Π} - диаметр светового пятна отметки; $R_{инд}$ - радиус индикатора кругового обзора (ИКО).

Разрешающая способность РЛС по угловым координатам определяется

следующим выражением:

$$\delta_{\theta} = 0,7\theta_{0,5} + \frac{360^{\circ} \alpha_{\Pi}}{2\pi D_p}$$

где $\theta_{0,5}$ - ширина луча по уровню половинной мощности; D_p – расстояние в км от центра экрана до отметки цели.

Помехоустойчивость – это свойство РЛС сохранять тактические показатели при воздействии помех.



Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Помехоустойчивость - способность РЛС поддерживать на заданном уровне тактические характеристики (прежде всего - показатели эффективности обнаружения и измерения параметров) при воздействии помех. Характеризуется вероятностями выделения информации из смеси сигнал/помеха.

Электромагнитная совместимость - способность РЛС функционировать совместно с другими РТС.

Эксплуатационные характеристики включают в себя показатели надежности, контроле- и ремонтпригодности.

Под **надежностью РЛ** понимают свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных тактических показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, обслуживания, хранения и транспортирования.

Показателями **ремонтпригодности** являются вероятность восстановления РЛС в данное время и среднее время восстановления. Из показателей **долговечности** в ГА используется назначенный ресурс.

Характеристики РЛС должны сохраняться в заданных климатических условиях, к которым относятся: **рабочий диапазон температур и влажности**.



Тактико-технические характеристики РЛС ГА

Технические характеристики радиолокационных систем ГА

Технические характеристики РЛС обеспечивают получение заданных тактических и эксплуатационных характеристик.

Основными техническими характеристиками являются:

- режим работы и вид модуляции (манипуляции) зондирующих сигналов;
- способ обзора пространства;
- методы измерения координат и параметров движения целей;
- характеристики зондирующего сигнала (рабочие частоты (длины волн) стабильность, мощность, параметры модуляции и т.д.);
- характеристики передающей и приемной (приемопередающей) антенн (форма диаграммы направленности антенны (дна), ширина дна и коэффициент направленного действия);
- характеристики приемного устройства (чувствительность, полоса пропускания, динамический диапазон);
- характеристики устройств отображения и съема информации;
- габариты и масса устройств, составляющих РЛС, потребляемая ими энергия от источников питания.

Режим работы РЛС определяется видом (характером) излучения зондирующих сигналов и может быть **непрерывным** или **импульсным**.

РЛС с импульсным режимом излучения (импульсные РЛС) иногда разделяют на РЛС с большой скважностью излучения $Q = T_{п}/T_{и} = 50 \dots 2000$ и РЛС с малой скважностью излучения $Q = 2 \dots 50$

Вид модуляции (манипуляции) зондирующих сигналов.

Импульсный сигнал можно представить в виде непрерывного гармонического сигнала, промодулированного по амплитуде импульсной последовательностью. Кроме амплитудной модуляции, используют частотную модуляцию (чаще всего - линейно-частотную модуляцию), фазовую (фазокодированную) и частотную манипуляции, шумовую модуляцию и комбинированные виды модуляции и манипуляции зондирующих сигналов независимо от режимов их излучения.

Способ обзора пространства. При активной радиолокации с пассивным ответом в процессе радиолокационного наблюдения за целями осуществляется облучение целей зондирующим сигналом и прием отраженных от целей сигналов.

Зондирующий сигнал - это радиосигнал, сформированный передатчиком РЛС и излученный антенной в направлении цели. **Отраженный сигнал** - это радиосигнал, отраженный от цели и принятый приемником.

Отраженный сигнал несет информацию о цели и является радиолокационным сигналом.

Радиолокационный обзор - процесс наблюдения за целями в заданной зоне обзора, который характеризуется распределением излучаемой и принимаемой энергии.

Он заключается в периодическом облучении всех точек зоны обзора и приеме сигналов тех целей, которые находятся в зоне обзора.

Обзор называется одновременным (параллельным), если необходимые координаты целей (при необходимости - производные этих координат) определяются одновременно в пределах всей зоны обзора. *На практике одновременный обзор применяется редко.*

Если измерение координат различных целей разнесено во времени и осуществляется постепенно путем перехода от одних целей к другим, **обзор называется последовательным.**

При последовательном обзоре по угловым координатам луч РЛС непрерывно движется в пределах зоны обзора, периодически повторяя заданную траекторию.

Методы измерения координат и параметров движения целей подразделяются на методы измерения **дальности**, методы измерения **угловых координат** и методы измерения **скорости** цели.

Определение дальности цели основано на измерении времени запаздывания радиолокационных сигналов. В зависимости от параметра сигнала, который играет основную роль при измерении времени запаздывания, существуют **амплитудный, частотный и фазовый методы измерения дальности.** Определение направления на цель в радиолокации основано на использовании **антенных устройств направленного действия.** Определение направления прихода радиоволн, отраженных от объекта, осуществляется путем сравнения **амплитуды, фазы или частоты отраженного от цели сигнала.** **Следовательно, принципиально возможны амплитудный, фазовый и частотный методы измерения угловых координат.**

Характеристики зондирующего сигнала: рабочие частоты (длины волн), стабильность, мощность, параметры модуляции и т.д.

В активной радиолокации с пассивным ответом зондирующий сигнал может быть непрерывным (применяется в РЛС с непрерывным излучением) или импульсным (применяется в импульсных РЛС). Непрерывные излучения могут быть немодулированными и модулированными (с применением частотной или шумовой модуляции).

Импульсный зондирующий сигнал может быть простым (с модулированным) или сложным (с частотной модуляцией или фазокодовой манипуляцией). Характеристики зондирующего импульса в значительной степени влияют на дальность обнаружения целей, их разрешающую способность и точность измерения координат, скрытность действия РЛС.

Характеристики передающей и приемной (приемопередающей) антенн: форма диаграммы направленности антенны, ширина ДНА и коэффициент направленного действия.

В импульсных РЛС в большинстве случаев одна приемопередающая антенна применяется для излучения зондирующего сигнала и приема отраженного радиолокационного сигнала. Приемопередающая антенна чаще всего формирует плоский луч с горизонтальной поляризацией электромагнитной волны или игольчатый луч с круговой поляризацией.

Характеристики приемного устройства (чувствительность, полоса пропускания, динамический диапазон) в значительной степени определяют не только дальность обнаружения цели, но также пропускную способность и помехоустойчивость РЛС.

Характеристики отображения и съема информации.

Устройства отображения и съема информации служат для преобразования электрических сигналов, поступающих с выхода приемника и несущих информацию о целях в сигналы, вид которых определяется особенностями получателя информации. Если получателем является человек (оператор), электрические выходные сигналы должны быть преобразованы в оптические или акустические, так как только зрение и слух могут использоваться человеком при количественной оценке информации. Получателями радиолокационной информации могут быть также устройства автоматического сопровождения цели (по дальности, направлению, скорости) и цифровые ЭВМ.

Габариты и масса устройств, составляющих РЛС, потребляемая ими энергия от источников питания. В значительной степени определяют возможности по размещению и развертыванию РЛС, в особенности - для подвижных носителей. Существует настоятельная потребность в их уменьшении. Для блоков СВЧ, мощных генераторных, усилительных и выпрямительных устройств РЛС на практике это не всегда можно реализовать.

Любая радиолокационная станция (РЛС) характеризуется тактическими показателями, которые учитывают условия её применения, отражающие свойства целей и кинематические характеристики их движения.

Анализ тактических задач при проектировании РЛС позволяет установить необходимые тактические показатели РЛС, от которых зависят технические характеристики РЛС.

К тактическим характеристикам РЛС относятся:

- назначение и условия размещения аппаратуры;
- максимальная дальность действия D_{\max} ;
- минимальная дальность действия D_{\min} ;
- сектор обзора по азимуту $\Phi_{\text{Аз}}$;
- сектор по углу места $\Phi_{\text{ум}}$;
- период обзора $T_{\text{обз}}$;
- размер раскрыва антенны в горизонтальной плоскости $D_{\text{гор}}$;
- вероятность правильного обнаружения $P_{\text{по}}$;
- вероятность ложной тревоги $P_{\text{лт}}$;
- высота установки антенны $h_{\text{а}}$;
- среднеквадратическая ошибка измерения дальности $\sigma_{\text{д}}$;
- коэффициент ухудшения разрешающей способности по дальности $\gamma_{\text{д}}$;
- реальная разрешающая способность по дальности $\delta_{\text{д}}$;
- коэффициент ухудшения разрешающей способности по УМ $\gamma_{\text{ум}}$;
- реальная разрешающая способность по угловой координате $\delta_{\text{ум}}$;
- коэффициент ухудшения потенциальной точности $n_{\text{п}}$;
- среднеквадратическая, ошибка измерения угловых координат $\sigma_{\text{ум}}$.

Для определения требуемых тактических показателей РЛС необходимо иметь сведения об атмосферных условиях и о наиболее вероятных помехах работе РЛС.



Греческий алфавит

Буква	Команда	Буква	Команда	Буква	Команда	Буква	Команда
Α α	<code>\Alpha \alpha</code>	Ι ι	<code>\Iota \iota</code>	Σ σ	<code>\Sigma \sigma</code>	Ϟ ϟ	<code>\Coppa \coppa</code>
Β β	<code>\Beta \beta</code>	Κ κ	<code>\Kappa \kappa</code>	ς	<code>\varsigma</code>	Ϡ	<code>\varcoppa</code>
Γ γ	<code>\Gamma \gamma</code>	Λ λ	<code>\Lambda \lambda</code>	Τ τ	<code>\Tau \tau</code>	Ϡ ϣ	<code>\Koppa \koppa</code>
Δ δ	<code>\Delta \delta</code>	Μ μ	<code>\Mu \mu</code>	Υ υ	<code>\Upsilon \upsilon</code>	Ϡ ϣ	<code>\Sampi \sampi</code>
Ε ε	<code>\Epsilon \epsilon</code>	Ν ν	<code>\Nu \nu</code>	Φ φ	<code>\Phi \phi</code>	Ϡ ϣ	<code>\Stigma \stigma</code>
ε	<code>\varepsilon</code>	Ξ ξ	<code>\Xi \xi</code>	φ	<code>\varphi</code>	ς	<code>\varstigma</code>
Ζ ζ	<code>\Zeta \zeta</code>	Π π	<code>\Pi \pi</code>	Χ χ	<code>\Chi \chi</code>	Ϝ	<code>\Digamma</code>
Η η	<code>\Eta \eta</code>	ϖ	<code>\varpi</code>	Ψ ψ	<code>\Psi \psi</code>	ϝ	<code>\digamma</code>
Θ θ	<code>\Theta \theta</code>	Ρ ρ	<code>\Rho \rho</code>	Ω ω	<code>\Omega \omega</code>		
ϑ	<code>\vartheta</code>	ϱ	<code>\varrho</code>	κ	<code>\varkappa</code>		

ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ

Печатные буквы	Письменные буквы	Название буквы	Печатные буквы	Письменные буквы	Название буквы
A a	<i>A a</i>	а	N n	<i>N n</i>	ЭН
B b	<i>B b</i>	бэ	O o	<i>O o</i>	о
C c	<i>C c</i>	цэ	P p	<i>P p</i>	пэ
D d	<i>D d</i>	дэ	Q q	<i>Q q</i>	ку
E e	<i>E e</i>	е	R r	<i>R r</i>	эр
F f	<i>F f</i>	эф	S s	<i>S s</i>	эс
G g	<i>G g</i>	гэ(же)	T t	<i>T t</i>	тэ
H h	<i>H h</i>	аш	U u	<i>U u</i>	у
I i	<i>I i</i>	и	V v	<i>V v</i>	вэ
J j	<i>J j</i>	йот(жи)	W w	<i>W w</i>	дубль вэ
K k	<i>K k</i>	ка	X x	<i>X x</i>	икс
L l	<i>L l</i>	эль	Y y	<i>Y y</i>	игрэк
M m	<i>M m</i>	эм	Z z	<i>Z z</i>	зэт

На основании перечисленных данных выполняется расчет основных технических показателей РЛС, которыми являются:

длина волны (λ) излучаемых колебаний или несущая частота (f_c);

средняя мощность излучения (P_{cp});

пиковая (импульсная) мощность излучения ($P_{и}$);

длительность импульса ($\tau_{и}$);

частота ($F_{и}$) или период ($T_{и}$) повторения импульсов;

чувствительность РПУ ($P_{пр min}$);

ширина полосы пропускания РПУ ($\Delta f_{п}$);

ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной ($\theta_{г}$) и вертикальной ($\theta_{в}$) плоскости;

коэффициент направленного действия антенны (G_A).

Перечисленные параметры в той или иной мере взаимосвязаны и прямо или косвенно влияют на тактические параметры. Технические параметры РЛС рассчитываются методом последовательного приближения с неоднократным уточнением и согласованием значений величин.

Скорость распространения радиоволн по кратчайшему пути между радиолокационной системой (РЛС) и целью

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = \text{const}$$

Длина волны, необходимая для отражения сигнала от цели размера l_c

$$\lambda < l_c$$

Для определенности при решении задач конкретизируют это неравенство, например $\lambda < 0,1 l_c$

Длина волны РЛС ограничена допустимыми потерями энергии радиоволн в среде распространения (λ_{\min}) и требуемой шириной диаграммы направленности и заданными размерами апертуры антенны РЛС (λ_{\max}) - Потери при распространении, выраженные в децибелах,

$$L_n = 0,5 \alpha R,$$

где R - длина трассы распространения волны (км);

α - удельный коэффициент поглощения (дБ/км).

При дождевых осадках интенсивностью Q (мм/ч) $\alpha = 0,3Q/\lambda^2$, где λ выражена в сантиметрах.

Параметры антенны связаны соотношением

$$\varphi_a = 57,3 \lambda / d_a,$$

где φ_a - ширина диаграммы направленности (град);

d_a - размер апертуры.

Основные параметры зондирующих сигналов

Основные энергетические параметры ЗС:

P_i – импульсная мощность - это средняя в течение импульса мощность сигнала, отдаваемая передатчиком в антенну РЛС;

$P_{ср} = P_i/Q_c$ – средняя мощность - это усредненная за период повторения мощность СВЧ-сигнала: ($Q_c = T_p/T_i$ - скважность сигнала);

\mathcal{E}_c – энергия сигнала: для одиночного импульса $\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_i = P_i T_i$;
для пачки импульсов $\mathcal{E}_c = M \mathcal{E}_i$ (M – количество импульсов в пачке);

К временным параметрам относятся:

T_i – длительность импульса) - это время, в течение которого генератор вырабатывает энергию СВЧ;;

T_p – период повторения - величина, обратная частоте повторения;

$T_c = M T_p$ – длительность сигнала (для пачек импульсов).

Частотными параметрами ЗС является:

f_0 – несущая частота(длина волны);

Δf_c – ширина спектра сигнала;

$F_p = 1/T_p$ – частота повторения импульсов в пачке для импульсных последовательностей.

Важнейшей частотной характеристикой ЗС является его **частотный спектр**, характеризующий **распределение амплитуд и фаз гармонических составляющих сигнала по частотной оси.**



Радиоэлектронные средства наблюдения

Радиоприемные устройства РЛС

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ РЛС

Предельной чувствительностью приемника $P_{пр.min}$ называют такую

минимальную мощность сигнала на входе приемника, которая обеспечивает на выходе его линейной части (входе детектора) отношение по мощности сигнала к шуму, равное единице

$$P_{пр min} = kT_0 \Pi_{эф} \nu (t_A - 1 + K_{ш пр})$$

где: $t_A = (K_{шA} - 1)/T_0$ - эффективная шумовая температура антенны;

$\Pi_{эф}$ - эффективная (шумовая) полоса пропускания РПрУ;

$K_{ш пр}$ - коэффициент шума РПрУ;

ν - коэффициент различимости;

$T_0 = 293$ К - стандартная шумовая температура;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/С - постоянная Больцмана.



Радиоэлектронные средства наблюдения

Радиоприемные устройства РЛС

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ РЛС

Реальной чувствительностью приемника $P_{p.min}$ называют такую мощность

сигнала на его входе, которая обеспечивает на выходе линейной части приемника отношение сигнал/шум, равное **коэффициенту различимости q** .

Реальная и предельная чувствительности связаны зависимостью:

$$P_{p.min} = P_{пр.min} \times q$$

Коэффициент различимости численно равен минимально допустимому

отношению сигнал/шум на выходе линейной части приемника, при котором сигнал на выходе приемника может быть уверенно обнаружен.

Чувствительность приемника тем выше, чем меньше величина $P_{пр.min}$. В

современных приемниках РЛС $P_{пр.min} = 10^{-13} - 10^{-14}$ Вт.

Чувствительность приемника РЛС ограничивается его собственными шумами. Они возникают в антенно-волноводном тракте, сопротивлениях, электронных лампах и полупроводниковых приборах.

Причинами шумов являются беспорядочное тепловое движение электронов в проводниках, неравномерное излучение электронов катодами в электронных лампах и т.д. С увеличением температуры уровень собственных шумов возрастает. Интенсивность шумов весьма мала. Однако проходя через приемник с большим усилением, они создают на его выходе напряжение, способное привести в действие оконечное устройство. На экране индикатора они наблюдаются в виде шумовой дорожки.



Радиоэлектронные средства наблюдения

Радиоприемные устройства РЛС

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ РЛС

Шумовые свойства приемников часто характеризуют **коэффициентом шума $K_{ш}$** , который показывает, во сколько раз реальный приемник ухудшает отношение сигнала к шумам по мощности по сравнению с идеальным нешумящим приемником, т.е. во сколько раз ухудшается отношение сигнал/шум на выходе приемника по сравнению с этим отношением на его входе.

$$K_{ш} = \frac{P_{с\text{ вх}}/P_{ш\text{ вх}}}{P_{с\text{ вых}}/P_{ш\text{ вых}}} > 1$$

Динамический диапазон приемника показывает отношение максимального и минимального входных сигналов, в пределах которого он еще обеспечивает нормальную работу. Важность динамического диапазона связана с наличием на его входе помех и большого разброса амплитуд полезных сигналов. Количественно динамический диапазон оценивается выраженным в децибелах отношением максимального входного сигнала, обработка которого приемником производится еще с допустимыми искажениями, к чувствительности приемника,:

$$D = 10 \times \lg (P_{пр. max} / P_{пр. min})$$

Динамический диапазон приемных систем современных РЛС должен быть не менее 70 - 80 дБ



Радиоэлектронные средства наблюдения

Радиоприемные устройства РЛС

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ РЛС

Усилительные свойства приемника характеризуются **коэффициентом усиления**. Различают коэффициент усиления по мощности K_p и коэффициент усиления по напряжению K_u .

Коэффициент усиления по мощности - это отношение мощности сигнала на выходе приемника $P_{\text{вых}}$ к мощности на его входе $P_{\text{вх}}$.:

$$K_p = P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}}$$

Коэффициент усиления по напряжению определяется аналогично:

$$K_u = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$$

Коэффициент усиления определяется в относительных единицах или децибелах:

$K_{\text{дб}} = 20 \lg K_u$ и $K_{\text{р дб}} = 10 \lg K_p$ В современных приемниках общее усиление может достигать $K_p = (0,1-10) \times 10^{13}$ или соответственно $K_{\text{р}} = 120 - 140$ дБ



Радиоэлектронные средства наблюдения

Радиоприемные устройства РЛС

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ РЛС

Избирательность показывает возможность устойчивого приема полезного сигнала в условиях наличия других сигналов. (Избирательность может быть пространственная, частотная, временная и т. п.).

Частотную избирательность позволяет оценить ширина его амплитудно-частотной характеристики. Амплитудно-частотной характеристикой называют зависимость модуля коэффициента усиления от частоты



Количественно частотная избирательность приемника характеризуется его полосой пропускания Δf . **Полоса пропускания** определяется как разность частот f_2 и f_1 , для которых K уменьшается в $\sqrt{2}$, а K_p - в два раза от своего максимального значения. Избирательность приемника тем выше, чем ближе форма его амплитудно-частотной характеристики к П-образной.



Основное уравнение для измерения дальностей в импульсной РЛС:

$$R = ct_R/2,$$

где $t_R = 2R/c$ - задержка принимаемого отраженного от цели сигнала относительно излучаемого РЛС зондирующего сигнала.

Условие однозначного измерения дальности

$$R_{\text{одн}} \leq cT_n/2,$$

где T_n - период повторения зондирующих импульсов

Разрешающая способность по дальности

5

$$\delta R = (R_2 - R_1)_{\min} = \frac{c}{2} (t_{R_2} - t_{R_1})_{\min} = \frac{c}{2} \delta t_R,$$

откуда при $\delta t_R = \tau_u$

$$\delta R = \frac{c}{2} \tau_u,$$

Минимальная измеряемая дальность

$$R_{\min} = \frac{c}{2} (\tau_u + \tau_{\text{вос}}),$$

где $\tau_{\text{вос}}$ - время восстановления исходного состояния переключателя прием-передача (ППП).



Основное уравнение, характеризующее связь определяемого радиолокационного элемента W с измеряемым информативным параметром сигнала Θ ,

$$W = M \Theta,$$

где W - дальность; угловая координата (азимут или угол места); скорость цели; время задержки; амплитуда; частота или фаза сигнала);

M - масштабный коэффициент с размерностью (единица W / (единица Θ)).



Измерение *угловых координат* в импульсной РЛС производится путем сканирования диаграммы направленности антенны (ДНА).

Измеряемый угол θ (азимут α или угол места β)

$$\theta = \Omega_{СК} t_{\theta}$$

где $\Omega_{СК}$ - угловая скорость движения луча ДНА (скорость сканирования);

t_{θ} - интервал времени между моментами прохождения максимумом ДНА опорного направления (ОН) и направления на цель (Ц).

Разрешающая способность по углу θ

$$\delta\theta = (\theta_2 - \theta_1)_{\min} = \varphi_a$$

где φ_a - ширина ДНА на уровне 0,5 от максимума в горизонтальной (г) или вертикальной (в) плоскости.

Ниже считается, что для всех рассматриваемых антенн $\varphi_a = \lambda/d_a$ радиан или $\varphi_a = 57,3(\lambda/d_a)$ градусов, где λ - длина волны; d_a - размер апертуры антенны в соответствующей плоскости.



Радиальную скорость вычисляют по формуле

$$v_r = v \cos \gamma,$$

где v - скорость цели; γ - угол между вектором v и линией визирования (ЛВ) цели.

Основное уравнение имеет вид

$$v_r = -\frac{\lambda F_d}{2},$$

где $F_d = f_{\text{прм}} - f_0$ - доплеровское смещение частоты принимаемого сигнала ($f_{\text{прм}}$) относительно несущей частоты излучаемого зондирующего сигнала РЛС.





Физические основы радиолокации

Справочный материал



Физические основы радиолокации

Справочный материал



Физические основы радиолокации

Справочный материал



Физические основы радиолокации

Справочный материал