

называемыми зондирующими, т.е. «ощупывающими», импульсами). Поворотом антенны (или другими способами) производится изменение направления излучения радиоволн и, тем самым, осуществляется последовательное зондирование большего или меньшего сектора пространства (или круговой обзор). Отраженные от различных целей импульсы поступают (обычно через ту же антенну) в приемник РЛС. При этом определение угловых координат целей основано на использовании диаграммы направленности антенны на излучение и прием. Измерение дальности D производится по измерению времени запаздывания $t_{\text{зап}}$ прихода отраженного от цели импульса относительно момента излучения зондирующего импульса:

$$D = \frac{ct_{\text{зап}}}{2},$$

где c – скорость света. Двойка в знаменателе появляется из-за того, что время запаздывания складывается из времени прохождения зондирующего импульса до цели и такого же времени прохождения отраженного импульса до РЛС.

Разрешающей способностью РЛС по углу называется наименьшая разность углов $\Delta\alpha$ между направлениями на две цели, находящиеся на одной дальности, при которой отраженные импульсы от них наблюдаются раздельно. Легко видеть, что это соответствует простейшему пространственной некогерентности: разрешаются (по углу) те цели, на которые не может одновременно попасть «освещающее» излучение РЛС, так как направления на них отличаются на ширину диаграммы направленности антенны (рис.4).

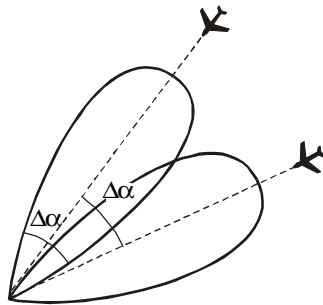


Рис. 4

находящимися в одном направлении, при котором они наблюдаются раздельно. В так называемых классических РЛС в качестве зондирующего импульса применялся синусоидальный цуг волн постоянной амплитуды. Это объясняется, в частности, тем, что такой цуг легко создать: достаточно на высокочастотный генератор (например, магнетрон) кратковременно подать постоянное по величине высокое напряжение. Однородность структуры цуга приводит к тому, что отраженные от различных целей волны будут иметь одинаковую частоту (если они движутся по направлению к РЛС с одинаковой скоростью или если можно пренебречь эффектом Доплера), в пределах взаимного перекрытия отраженных импульсов они будут когерентны, и разделить цели полностью не удастся. Отраженные от двух целей импульсы

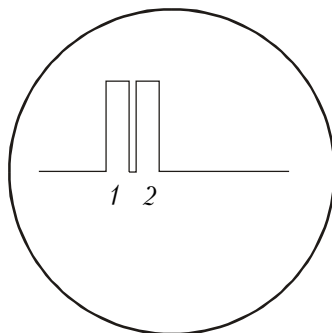


Рис. 5

будут некогерентны только тогда, когда они не совпадают по времени прихода в приемник РЛС и поэтому не перекрываются на экране индикатора (рис.5). Таким образом, разрешающая способность этих РЛС по дальности составляет

$$\delta r = \frac{c\tau}{2},$$

где τ – длительность импульса. Можно сказать, что

в рассматриваемой РЛС некогерентность приходящих от разных целей отраженных сигналов выступает в самом простом виде: как отсутствие их совпадения во времени.

Как видно из последней формулы, для повышения разрешающей способности по дальности необходимо уменьшать длительность импульса τ . Но это неизбежно приводит к соответствующему расширению полосы частот. Дело в том, что, с одной стороны, существует фундаментальное соотношение между длительностью τ сигнала (например, обрывка синусоиды) и шириной $\Delta\nu$ его спектра (на шкале частот), в которой сосредоточена основная энергия импульса:

$$\Delta\nu \approx \frac{1}{\tau}.$$

С другой стороны, вполне понятно, что дальность обнаружения цели определяется энергией зондирующего и, следовательно, вернувшегося назад импульса. Значит, при укорочении импульса приходится соответственно увеличивать мощность передатчика, что является непростой задачей.

В поисках выхода из этой ситуации в радиолокации пошли по пути увеличения ширины полосы частот импульса без изменения его длительности: путем перехода от синусоидальной к более усложненной внутренней структуре зондирующего импульса. Так появились РЛС с линейно-частотно-модулированными (ЛЧМ) зондирующими импульсами (рис.6). В этом случае оказывается, что соотношение между длительностью и шириной сигнала будет выполняться уже не для длительности импульса $\tau_{\text{имп}}$, а для времени когерентности $\tau_{\text{ког}}$:

$$\tau_{\text{ког}} \approx \frac{1}{\Delta\nu} \left(\text{где } \Delta\nu \gg \frac{1}{\tau_{\text{имп}}} \right).$$

Правда для этого в приемнике РЛС вводится дополнительный специальный фильтр, с помощью которого осуществляется сжатие принятого импульса до длительности $\tau_{\text{сж}} = \tau_{\text{ког}}$. Теперь импульсы на экране РЛС будут разделяться при гораздо меньшем расстоянии между целями, чем это было при использовании синусоидального импульса:

$$\delta r = \frac{c\tau_{\text{сж}}}{2} \ll \frac{c\tau_{\text{имп}}}{2}.$$

Так подтверждается неразрывная связь разрешающей способности дистанционного измерителя со степенью когерентности волн: для повышения (улучшения) разрешающей способности измерителя необходимо ухудшать когерентность используемых волн.

Любопытно отметить, что в живой природе развитие в этом направлении пошло еще дальше. Например, наряду с летучими мышами, эхолокаторы которых также используют ЛЧМ зондирующие импульсы, существуют так называемые «шепчущие» летучие мыши, применяющие еще более широкополосные шумовые импульсы, т.е. высокочастотные импульсы, модулированные «белым» шумом. Они обнаруживают цели при значительно меньших мощностях излучения, при этом обеспечивается также лучшая защита их локаторов от помех, особенно от взаимных, возникающих при одновременной охоте на насекомых больших групп этих летучих мышей.