

УДК 621.396.96: 621.391.828

## КРОССИНДИКАЦИЯ ГРУППОВОЙ ПОМЕХИ В МОНОИМПУЛЬСНОЙ РЛС

**Г. А. Коржавин,**

канд. техн. наук, генеральный директор

**Ю. Ф. Подоплекин,**

доктор техн. наук, первый зам. генерального директора

**И. Л. Бредун,**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»

*Предлагаются меры, обеспечивающие надежное распознавание групповой маскирующей помехи в РЛС. Приводятся результаты исследований, полученные на математической модели.*

### Введение

Шумовые маскирующие помехи создают серьезные трудности для работы радиолокационных станций (РЛС), препятствуя нормальному процессу обнаружения и сопровождения целей. В частности, при их постановке может существенно снизиться эффективность работы моноимпульсной РЛС, являющейся элементом системы управления противокорабельной крылатой ракетой (ПКР). Разработчики РЛС предпринимают меры, направленные на повышение их помехозащищенности. Это и использование шумоподобных сигналов, затрудняющих разведку излучения РЛС; и перестройка несущей частоты сигналов; и пространственно-временная селекция целей; и комплексирование РЛС с системами, работающими в других диапазонах электромагнитных волн, и множество других мероприятий [1–7]. Однако проблему эффективной работы РЛС при наличии маскирующих помех нельзя считать окончательно решенной.

Важным элементом обеспечения помехозащищенности РЛС относительно маскирующих помех является их надежное распознавание. Действительно, перед тем как принимать меры по преодолению воздействия помехи или, по крайней мере, по уменьшению ее эффективности, необходимо установить сам факт ее постановки. А для этого требуются надежные способы обнаружения помехи, реализуемые в индикаторах воздействия помехи. Такие индикаторы в арсенале средств разработчика РЛС имеются. К ним, в частности, относится устройство обнаружения помехи в стробах, в которых выключается быстродействующая автоматическая регулировка усиления и производит-

ся сравнение сигнала на выходе приемника с порогом, по превышению которого и принимается решение о наличии помехи [7].

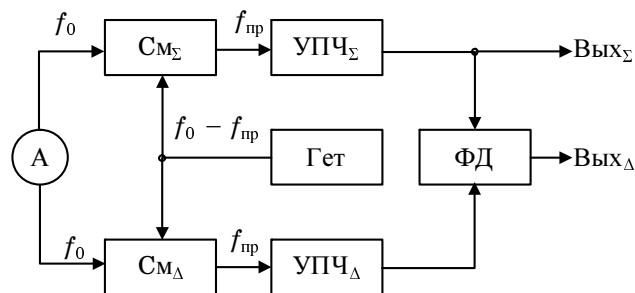
Однако кроме самого факта наличия помехи представляют интерес и такие ее характеристики, как энергетика, диапазон излучения и т. д. Для оценивания этих характеристик применяются специальные методы и средства. Так, для оценки энергии помехи можно измерять уровень шума на выходе приемника, а для определения частот ее излучения — фиксировать наличие помехи при настройке приемника на различные несущие частоты. Представляет интерес исследовать еще одно свойство помехи, связанное с пространственным распределением источников помехи по азимуту. При этом на каждом азимуте, на котором воздействует помеха, желательно знать, производится ли излучение из одной точки пространства или помеха является результатом излучения с нескольких (двух или более) пространственно разнесенных постановщиков. Эта информация может использоваться в различных режимах работы РЛС. На этапе обнаружения целей при излучении помехи с одного направления в моноимпульсной РЛС могут эффективно применяться методы пространственно-временной селекции целей на фоне помехи, в то время как при излучении с нескольких разрешаемых по углу направлений эти методы не являются эффективными [7]. На этапе сопровождения помехи в целях самонаведения ПКР — носителя РЛС на ее источник — необходимая точность попадания ПКР в источник помехи обеспечивается только при ее излучении из одной точки. При попадании в диаграмму направленности антенны

(ДНА) помех с нескольких различных направлений точность самонаведения ПКР на постановщик любой помехи заметно снижается. Поэтому использование информации о характере излучения помехи может существенно повысить общую эффективность применения РЛС. Не занимаясь здесь вопросами разработки общей логики использования РЛС в различных режимах ее работы и в различных помеховых ситуациях, рассмотрим способ определения обобщенного признака, характеризующего пространственное распределение помех в пределах ДНА РЛС.

### Индикация распределения помех в одной плоскости

Упрощенная схема приемной части моноимпульсной РЛС автосопровождения цели в одной плоскости [8] представлена на рис. 1.

Высокочастотные суммарный и разностный сигналы с антенны  $A$  преобразуются в смесителях суммарного  $СМ_{\Sigma}$  и разностного  $СМ_{\Delta}$  каналов с несущей частоты  $f_0$  на промежуточную частоту  $f_{пр}$  под воздействием сигнала гетеродина  $Гет$ , имеющего частоту  $f_0 - f_{пр}$ , и усиливаются в усилителях промежуточной частоты  $УПЧ_{\Sigma}$ ,  $УПЧ_{\Delta}$ . Сигнал с выхода суммарного канала  $Вых_{\Sigma}$  используется для дальнейшей обработки в обнаружителе целей и помех и в системе сопровождения цели по дальности, а также обрабатывается совместно с разностным сигналом в фазовом детекторе  $\Phi Д$ , на выходе  $Вых_{\Delta}$  которого образуется сигнал углового рассогласования, используемый в системе автоматического сопровождения цели по угловой координате. (В приведенной схеме опущен ряд элементов, не являющихся существенными для данного рассмотрения, например, выполняющих нормировку разностного сигнала по суммарному.) Обычно разностный канал используют только в режиме сопровождения цели или источника помехи, а для обнаружения целей и помех ограничиваются информацией суммарного канала. Но при использовании разностного канала не только при сопровождении выбранного объекта, но и в режиме обнаружения появляются новые возможности для анализа свойств помех, источники которых попадают в ДНА РЛС. Для реализации этих возможностей необходимо предварительно преобразовать



■ Рис. 1. Схема автосопровождения цели по углу

схему, представленную на рис. 1, дополнительно введя в нее фазовый детектор  $\Phi Д_2$ , на который суммарный сигнал подается со сдвигом фазы на  $\pi/2$  (рис. 2).

На выходе  $Инд$  этого фазового детектора и образуется сигнал, пороговая оценка которого является основой для индикации распределенной по углу (групповой) помехи. Рассмотрим этот процесс отдельно для случаев воздействия на вход РЛС одной помехи и двух разнесенных по азимуту помех.

Для случая приема одной помехи обозначим через  $X_{\Sigma}$ ,  $Y_{\Sigma}$  и  $X_{\Delta}$ ,  $Y_{\Delta}$  ортогональные составляющие суммарного и разностного сигналов соответственно на выходах  $УПЧ_{\Sigma}$  и  $УПЧ_{\Delta}$ . Поскольку на выходе фазового детектора формируется скалярное произведение векторов сигналов, поступающих на его входы, сигнал на  $Вых_{\Delta}$   $\Phi Д_1$  равен

$$U_{\Phi Д_1} = X_{\Sigma} X_{\Delta} + Y_{\Sigma} Y_{\Delta}. \quad (1)$$

А для сигнала на выходе индикации групповой помехи  $Инд$   $\Phi Д_2$ , с учетом того, что при повороте фазы суммарного сигнала на угол  $\pi/2$  составляющие суммарного сигнала  $X_{\Sigma}$ ,  $Y_{\Sigma}$  преобразуются соответственно в  $Y_{\Sigma}$ ,  $-X_{\Sigma}$ , аналогичное выражение принимает вид

$$U_{\Phi Д_2} = Y_{\Sigma} X_{\Delta} - X_{\Sigma} Y_{\Delta}. \quad (2)$$

Поскольку суммарный и разностный сигналы в моноимпульсной РЛС могут находиться только в фазе или в противофазе, в зависимости от направления отклонения цели (или помехи) от равносигнального направления антенны, составляющие этих сигналов  $X$  и  $Y$  ортогональны. Поэтому из выражения (2) следует, что

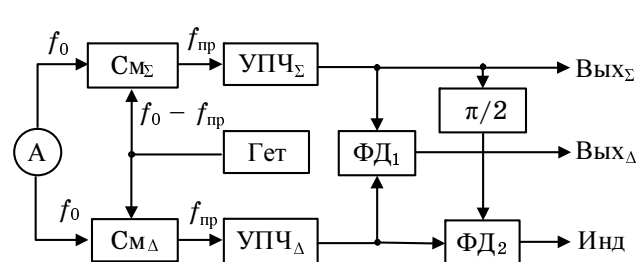
$$U_{\Phi Д_2} \equiv 0. \quad (3)$$

Для случая приема сигналов от двух разнесенных по углу помех введем аналогичные обозначения  $X_{\Sigma i}$ ,  $Y_{\Sigma i}$ ,  $X_{\Delta i}$ ,  $Y_{\Delta i}$ , где индексом  $i = 1, 2$  обозначен номер помехи, от которой принята соответствующая составляющая сигнала. В этом случае выражение (2) принимает следующую форму:

$$U_{\Phi Д_2} = (Y_{\Sigma 1} + Y_{\Sigma 2})(X_{\Delta 1} + X_{\Delta 2}) - (X_{\Sigma 1} + X_{\Sigma 2})(Y_{\Delta 1} + Y_{\Delta 2}), \quad (4)$$

или после преобразований:

$$U_{\Phi Д_2} = (Y_{\Sigma 1} X_{\Delta 1} - X_{\Sigma 1} Y_{\Delta 1}) + (Y_{\Sigma 2} X_{\Delta 2} - X_{\Sigma 2} Y_{\Delta 2}) + (Y_{\Sigma 1} X_{\Delta 2} - X_{\Sigma 1} Y_{\Delta 2}) + (Y_{\Sigma 2} X_{\Delta 1} - X_{\Sigma 2} Y_{\Delta 1}). \quad (5)$$



■ Рис. 2. Схема индикации групповой помехи в одной плоскости

Поскольку составляющие сигналов в каждой из двух первых пар скобок выражения (5) принадлежат одной и той же помехе, то в соответствии с выражениями (2) и (3) эти составляющие равны нулю. Преобразуя оставшуюся часть выражения (5), будем иметь

$$U_{\Phi Д2} = (k_1 - k_2)(X_{\Sigma 1} Y_{\Sigma 2} - X_{\Sigma 2} Y_{\Sigma 1}), \quad (6)$$

где предполагается, что для каждой из двух помех составляющие разностных сигналов пропорциональны составляющим суммарных сигналов с коэффициентами пропорциональности, равными соответственно  $k_1$  и  $k_2$ :

$$\left. \begin{aligned} X_{\Delta 1} &= k_1 X_{\Sigma 1}; \\ Y_{\Delta 1} &= k_1 Y_{\Sigma 1}; \\ X_{\Delta 2} &= k_2 X_{\Sigma 2}; \\ Y_{\Delta 2} &= k_2 Y_{\Sigma 2}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Такое представление разностного сигнала как величины, пропорциональной суммарному сигналу, соответствует описанию сигналов в моноимпульсной РЛС [8]. Коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  зависят при этом от отклонения равносигнального направления антенны РЛС от направлений на источники первой и второй помехи. Из выражения (6) следует, что, в отличие от варианта одной помехи, при наличии двух помех в общем случае выходной сигнал  $\Phi Д2$  не равен нулю. Исключение возможно только при  $k_1 = k_2$ . Но при этом, согласно выражениям (7), разностные сигналы для обеих помех составляют одну и ту же часть соответствующего суммарного сигнала. А это означает, что они принимаются по одному и тому же уровню разностной ДНА, следовательно, источники помех совпадают по направлению, что эквивалентно постановке одной помехи.

Итак, мы пришли к заключению, что сигнал на выходе Инд  $\Phi Д2$  имеет нулевое значение при наличии помехи с одного направления и отличен от нуля для случая двух разнесенных по углу источников помех. Легко показать, что при наличии более чем двух разнесенных помех этот сигнал также принимает ненулевое значение. Следовательно, сравнивая уровень сигнала на выходе Инд с порогом, можно по результату этого сравнения определить, излучается ли принимаемая помеха с одного направления или же она создается несколькими разнесенными по углу источниками.

При анализе групповой помехи мы подвергали взаимной обработке в  $\Phi Д2$  ортогональные, т. е. перекрестные составляющие принимаемых от помехи сигналов. Поэтому мы назвали наше устройство *кроссиндикатором* групповой помехи.

Эффективность рассмотренного способа индикации групповой помехи может существенно снизиться при недостаточной точности установки фазы сигнала помехи на входах  $\Phi Д2$ . До сих пор мы считали, что сигналы помехи с одного направ-

ления на входах этого фазового детектора ортогональны. Однако за счет неточного фазирования суммарного и разностного каналов ошибки поворота фазы в фазовращателе на  $\pi/2$  (см. рис. 2) или погрешностей работы  $\Phi Д2$  возможны искажения фазы поступающих на эти входы сигналов. Это эквивалентно дополнительному изменению фазы сигнала на выходе фазовращателя  $\pi/2$  на некоторый угол  $\Delta\alpha$ . Рассмотрим влияние этих искажений.

Прежде всего, заметим, что при наличии помех с нескольких направлений влияние этого фактора не проявляется. Действительно, при этом сигнал на выходе Инд превышает пороговый уровень даже при  $\Delta\alpha = 0$ . Поэтому дополнительное увеличение этого сигнала только подтверждает, что его величина больше порога. Но при приеме помехи с одного направления ненулевой уровень этого сигнала может существенно исказить результаты ее тестирования. Поэтому мы рассмотрим влияние искажения фазы именно для этого случая.

Заменим в выражении (2) ортогональные составляющие суммарного сигнала  $X_{\Sigma}$ ,  $Y_{\Sigma}$  их значениями, повернутыми по фазе на угол  $\Delta\alpha$ :

$$\left. \begin{aligned} X'_{\Sigma} &= X_{\Sigma} \cos \Delta\alpha - Y_{\Sigma} \sin \Delta\alpha; \\ Y'_{\Sigma} &= Y_{\Sigma} \cos \Delta\alpha + X_{\Sigma} \sin \Delta\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

После такой подстановки получим

$$\begin{aligned} U_{\Phi Д2} &= (Y_{\Sigma} \cos \Delta\alpha + X_{\Sigma} \sin \Delta\alpha) X_{\Delta} - \\ &- (X_{\Sigma} \cos \Delta\alpha - Y_{\Sigma} \sin \Delta\alpha) Y_{\Delta}, \end{aligned} \quad (9)$$

или после преобразований:

$$\begin{aligned} U_{\Phi Д2} &= (Y_{\Sigma} X_{\Delta} - X_{\Sigma} X_{\Delta}) \cos \Delta\alpha + \\ &+ (X_{\Sigma} X_{\Delta} + Y_{\Sigma} X_{\Delta}) \sin \Delta\alpha. \end{aligned} \quad (10)$$

В соответствии с выражениями (2) и (3) первая скобка в формуле (10) имеет нулевое значение. Дальнейшие результаты зависят от того, в каких элементах схемы рис. 2 имеет место ошибка по фазе  $\Delta\alpha$ . Если УПЧ сфазированы точно, а ошибка присутствует только в фазовращателе на  $\pi/2$  или в  $\Phi Д2$ , то для сигнала на выходе  $\Phi Д1$  сохраняется справедливым выражение (1), с учетом которого можно переписать выражение (10) в виде

$$U_{\Phi Д2} = U_{\Phi Д1} \sin \Delta\alpha, \quad (11)$$

откуда следует:

$$\Delta\alpha = \arcsin \frac{U_{\Phi Д2}}{U_{\Phi Д1}}. \quad (12)$$

В случае же, если фазовращатель на  $\pi/2$  и  $\Phi Д2$  настроены точно, а ошибка  $\Delta\alpha$  возникает только из-за неточной настройки по фазе УПЧ $_{\Sigma}$ , УПЧ $_{\Delta}$ , выражение для выходного сигнала  $\Phi Д2$  (10) остается справедливым, но выходной сигнал  $\Phi Д1$  (1), с учетом (8), изменяется:

$$U_{\Phi Д1} = (X_{\Sigma} \cos \Delta\alpha - Y_{\Sigma} \sin \Delta\alpha) X_{\Delta} + (Y_{\Sigma} \cos \Delta\alpha + X_{\Sigma} \sin \Delta\alpha) Y_{\Delta}, \quad (13)$$

или после преобразований:

$$U_{\Phi Д1} = (X_{\Sigma} X_{\Delta} + Y_{\Sigma} Y_{\Delta}) \cos \Delta\alpha - (Y_{\Sigma} X_{\Delta} - X_{\Sigma} Y_{\Delta}) \sin \Delta\alpha. \quad (14)$$

Произведя деление выражения (10) на выражение (14) с учетом (2) и (3), получим

$$\frac{U_{\Phi Д2}}{U_{\Phi Д1}} = \operatorname{tg} \Delta\alpha, \quad (15)$$

откуда следует:

$$\Delta\alpha = \arctg \frac{U_{\Phi Д2}}{U_{\Phi Д1}}. \quad (16)$$

Сравнивая между собой выражения (12) и (16), заключаем, что ошибка по фазе  $\Delta\alpha$  определяется по-разному в зависимости от того, возникает ли она из-за неправильной настройки фазовращателя на  $\pi/2$  (12) или по причине неточной фазировки УПЧ (16). В общем случае, когда имеют место ошибки обоих отмеченных видов, выражение для них имеет более сложный вид, а вычисляемые с его помощью значения  $\Delta\alpha$  являются промежуточными между определяемыми выражениями (12) и (16). Полагая при этом, что ошибка  $\Delta\alpha$  мала,

а также учитывая, что при  $|\alpha| < \frac{\pi}{2}$

$$\arctg \alpha \leq \alpha \leq \operatorname{arcsin} \alpha, \quad (17)$$

можно приближенно записать

$$\Delta\alpha \cong \frac{U_{\Phi Д2}}{U_{\Phi Д1}}, \quad (18)$$

откуда

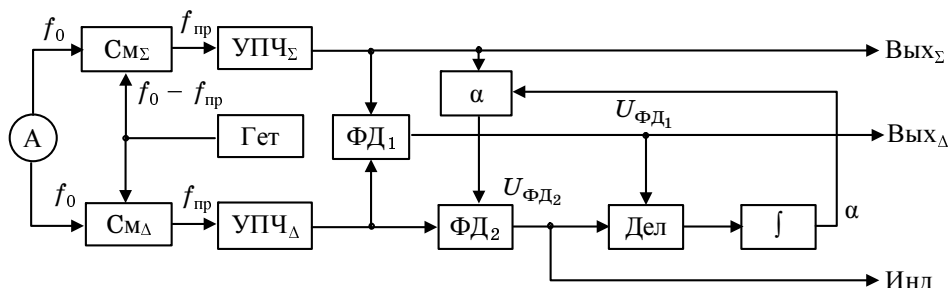
$$U_{\Phi Д2} \cong U_{\Phi Д1} \Delta\alpha. \quad (19)$$

Из выражения (19) следует, что даже в случае воздействия единственной помехи при наличии существенной ошибки по фазе  $\Delta\alpha$  сигнал на выхо-

де *Инд*  $\Phi Д2$  может составить заметную величину, соизмеримую с сигналом углового рассогласования  $U_{\Phi Д1}$ , который, составляя на равносигнальном направлении величину, близкую к нулю, может получить достаточно большие значения при отклонении оси антенны РЛС от направления на помеху. Поэтому желательно принять меры, уменьшающие влияние этого фактора. В качестве одной из таких мер можно использовать специальную схему автоподстройки кроссиндикатора групповой помехи по фазе (рис. 3).

По сравнению со схемой на рис. 2, в этой схеме фазовращатель на  $\pi/2$  заменен фазовращателем на угол  $\alpha$ , который вырабатывается с помощью интегратора  $\int$ , на вход которого поступает выходной сигнал с блока деления *Дел*, осуществляющего вычисление ошибки по фазе  $\Delta\alpha$  в соответствии с выражением (18). Если при воздействии помехи с одного направления угол  $\alpha$  с учетом поправок, компенсирующих ошибки фазировки всех элементов схемы, отличен от  $\pi/2$ , то на выходе блока деления *Дел* образуется сигнал, равный ошибке фазировки  $\Delta\alpha$ . Интегратор  $\int$  работает циклически, в темпе поступления радиолокационной информации о помехе. При этом в каждом цикле производится вычитание из выходной величины  $\alpha$  ошибки ее значения  $\Delta\alpha$ , в результате чего управляющий сигнал фазовращателя  $\alpha$  принимает правильное значение. Для исключения установки явно ошибочных значений фазы  $\alpha$  предусматривается ограничение выходной величины интегратора  $\int$  предельно допустимыми значениями, отличающимися от угла  $\pi/2$  не более чем на  $\pm\Delta\alpha_{\max}$  — величину, равную максимально возможной суммарной ошибке фазировки сигналов на входах  $\Phi Д2$ . При этом величина  $\alpha$  может быть установлена на интервале значений  $[\pi/2 - \Delta\alpha_{\max}, \pi/2 + \Delta\alpha_{\max}]$ .

Для проверки принципа компенсации ошибок установки фазы была разработана математическая модель устройства, представленного на рис. 3, и проведено математическое моделирование его работы. Результаты проверки показали, что при наличии помехи с одного направления рассмотренная схема обеспечивает быструю и точную установку правильной фазы сигналов  $\alpha$  за одну-две итерации работы интегратора  $\int$ , в зависимости от исходного значения ошибки  $\Delta\alpha$ .



■ Рис. 3. Схема автоподстройки индикатора групповой помехи



ча кроссиндикации групповой помехи может независимо решаться в двух ортогональных плоскостях: горизонтальной и вертикальной. Дополнительно реализуемая при этом кроссиндикация помехи по углу места принципиально ничем не отличается от рассмотренной ранее кроссиндикации по азимуту. Единственной особенностью этого случая является то, что в схеме вместо горизонтально-разностного сигнала используется вертикально-разностный сигнал приемника РЛС. Схема, в которой реализуется кроссиндикация групповой помехи одновременно в двух плоскостях, представлена на рис. 4.

В этой схеме все элементы, относящиеся к горизонтально-разностному каналу и ранее рассмотренные на схеме рис. 3, обозначены индексами  $\Delta\psi$ , а вновь введенные элементы вертикально-разностного канала — индексами  $\Delta\theta$ . Функционирование схемы полностью соответствует приведенным ранее разъяснениям. Единственный вопрос, который при этом возникает, — это способ объединения результатов тестирования групповой помехи одновременно в двух плоскостях с принятием общего решения о пространственном распределении помехи.

Логика такого объединения зависит от назначения информации о наличии групповой помехи. Например, если рассматривается задача пространственно-временной селекции целей на фоне помех, то при отсутствии признака групповой помехи хотя бы в одной из плоскостей (горизонтальной или вертикальной) может быть использован линейный компенсатор помехи по сигналу в той из плоскостей, в которой этот признак отсутствует [7]. В то же время при наличии признака групповой помехи в обеих плоскостях для пространственно-временной селекции целей необходимо использовать пространственный компенсатор помехи [7]. Если же признак групповой помехи используется при решении задачи распределения ПКР залпа по целям атакуемого соединения, то обеспечивается возможность опознавания тех из источников помех, которые обнаружены как обособленные объекты и которые, следовательно, могут рассматриваться как объекты целераспределения наряду с обнаруженными целями. К таким объектам следует отнести те из помех, по которым признак групповой помехи отсутствует для обеих плоскостей. В других возможных случаях логику применения этого признака можно также выработать, исходя из конкретного содержания решаемой задачи.

### **Влияние на кроссиндикацию неидентичности каналов приема**

Разработанные схемы (см. рис. 3 и 4) обеспечивают качественную индикацию групповой помехи при любых ошибках фазировки элементов приемника РЛС, поскольку эти ошибки эффективно обрабатываются через соответствующие элементы

обратных связей. Но существует еще один источник снижения достоверности их работы: различие частотных характеристик суммарного и разностного каналов приемника. Действительно, при нашем рассмотрении мы предполагали, что одноименные ортогональные составляющие шумовых сигналов суммарного и разностного каналов,  $X_{\Sigma}$ ,  $Y_{\Sigma}$ ,  $X_{\Delta}$ ,  $Y_{\Delta}$ , связаны между собой функциональной зависимостью (7). Эта зависимость означает, что разностный сигнал пропорционален суммарному.

В действительности же эта зависимость выполняется лишь приближенно, поскольку суммарный и разностный сигналы фильтруются различными УПЧ, частотные характеристики которых имеют неизбежные производственные разбросы. И поэтому эти сигналы связаны между собой не функционально, а только статистически. Практически это означает, что перекрестные составляющие сигналов суммарного и разностного каналов не являются строго ортогональными, и поэтому условие (3), на котором и основывается работа кроссиндикатора, выполняется не точно. Отсюда следует, что для эффективной индикации групповой помехи необходимо иметь суммарный и разностный каналы с идентичными частотными характеристиками.

В работе [7] показано, что такая идентичность может быть достигнута в случае применения в РЛС цифрового приемника, поскольку в нем электрические схемы всех элементов, в том числе фильтрующих каскадов УПЧ, преобразуются в эквивалентные им программы работы специализированных вычислительных средств. При этом снимаются все вопросы, связанные с производственным разбросом параметров элементов, их настройкой или старением, поскольку все дискретные аналоги моделируемых ими элементов схем имеют абсолютно одинаковые и не меняющиеся со временем характеристики.

И это является еще одним полезным приложением использования цифрового приемника.

### **Выводы**

1. Анализ взаимной корреляции ортогональных составляющих суммарного и разностного сигналов в моноимпульсной РЛС обеспечивает возможность распознавания групповой маскирующей помехи.

2. Для компенсации ошибок распознавания групповой помехи из-за неточности фазировки суммарного и разностного каналов можно применять автоматическую подстройку фазы обрабатываемых сигналов.

3. При большой высоте нахождения носителя РЛС целесообразно производить пространственное распознавание групповой помехи с использованием суммарного и двух разностных сигналов.

4. Предлагаемые средства распознавания групповой помехи наиболее эффективны в случае применения в РЛС цифрового приемника.

## Литература

1. Вопросы перспективной радиолокации / Под ред. А. В. Соколова. М.: Радиотехника, 2003.
2. Защита радиолокационных систем от помех. Состояние и тенденции развития / Под ред. А. И. Канащенкова и В. И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2003.
3. Быстров Р. П., Кузнецов Е. В., Соколов А. В., Чесноков Ю. С. Методы современной радиолокации и системы обработки сигналов // Успехи современной радиоэлектроники. 2005. № 9.
4. Аникшин Р. Н. и др. Развитие радиоэлектронной техники радиолокационных систем // Успехи современной радиоэлектроники. 2005. № 10.
5. Петрович Н. Т., Размахин М. К. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Сов. радио, 1969.
6. Черняк В. С. Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь, 1993.
7. Подоплекин Ю. Ф., Бредун И. Л., Зимин С. Н. Защита РЛС с ФМ-сигналом от маскирующих помех // Изв. Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2007. Вып. 3 (53).
8. Леонов А. И., Фомичев К. И. Моноимпульсная радиолокация. М.: Сов. радио, 1970.

## УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ ЖУРНАЛА

При подготовке рукописей статей редакция просит Вас руководствоваться следующими рекомендациями.

Объем статьи (текст, таблицы, иллюстрации и библиография) не должен превышать эквивалента в 16 страниц, напечатанных на бумаге формата А4 на одной стороне через 1,5 интервала в Word шрифтом Times New Roman размером 13.

Обязательными элементами оформления статьи являются: индекс УДК, заглавие и аннотация (5–7 строк) на русском и английском языках, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание, полное название организации.

**Формулы** набирайте в Word, при необходимости можно использовать формульный редактор; для набора одной формулы не используйте два редактора; при наборе формул в формульном редакторе знаки препинания, ограничивающие формулу, набирайте вместе с формулой; для установки размера шрифта никогда не пользуйтесь вкладкой Other..., используйте вкладку Define; в формулах не отделяйте пробелами знаки: + = –.

При наборе символов в тексте помните, что символы, обозначаемые латинскими буквами, набираются светлым курсивом, русскими и греческими — светлым прямым, векторы и матрицы — прямым полужирным шрифтом.

**Иллюстрации** в текст не заверстаются и предоставляются отдельными исходными файлами, поддающимися редактированию:

- рисунки, графики, диаграммы, блок-схемы изготавливаются в векторных программах: Visio 4, 5, 2002–2003 (\*.vsd); Coreldraw (\*.cdr); Excel; Word; AdobeIllustrator; AutoCad (\*.dxf); Компас; Matlab (экспорт в формат \*.ai);
- фото и растровые — в формате \*.tif, \*.png с максимальным разрешением (не менее 300 pixels/inch).

Наличие подрисовочных подписей обязательно (желательно не повторяющих дословно комментарии к рисункам в тексте статьи).

**В редакцию предоставляются:**

— отпечатанный (формат А4) текст статьи, подписанный всеми авторами с указанием даты предоставления, и иллюстрации, пронумерованные с подрисовочными подписями (в двух экземплярах);

— полностью совпадающий с распечаткой текст в виде файла Microsoft Word (шрифт Times New Roman, тексты программ — Courier New) на дискетах 1,44 Mb или CD;

— название статьи и аннотация (5–7 строк) на русском и английском языках;

— фамилия, имя, отчество автора(ов) на английском языке;

— сведения об авторе (фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученое звание, учебное заведение и год его окончания, ученая степень и год защиты диссертации, область научных интересов, количество научных публикаций, домашний и служебный адреса и телефоны, факс, e-mail), фото авторов: анфас, в темной одежде на белом фоне, должны быть видны плечи и грудь, высокая степень четкости изображения без теней и отблесков на лице, фото можно представить в электронном виде в формате \*.tif, \*.png с максимальным разрешением — не менее 300 pixels/inch при минимальном размере фото 40 × 55 мм;

— экспертное заключение.

**Список литературы** составляется по порядку ссылок в тексте и оформляется следующим образом:

— для книг и сборников — фамилия и инициалы авторов, полное название книги (сборника), город, издательство, год, общее количество страниц;

— для журнальных статей — фамилия и инициалы авторов, полное название статьи, название журнала, год издания, номер журнала, номера страниц;

— ссылки на иностранную литературу следует давать на языке оригинала без сокращений;

— при использовании web-материалов указывайте адрес сайта.

**Адрес редакции:**

190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67, ГУАП, РИЦ  
 Редакция журнала «Информационно-управляющие системы»  
 Факс: (812) 494 70 18  
 Тел.: (812) 494 70 44  
 E-mail: 80x@mail.ru  
 Сайт: www.i-us.ru