

## **.Технические аспекты модернизации РЛВ в интересах отработки базового радиолокационного модуля.**

Слюсар В.И., к.т.н., с.н.с., НЦ ПЗ ВТО

Рассмотренная в [1] концепция построения перспективной радиолокационной системы, способной эффективно функционировать в условиях помех и применения ВТО, может быть дополнена рядом предложений, касающихся модернизации существующего парка РЛС, в интересах решения задач информационного обеспечения средств защиты от ВТО. Речь пойдет, прежде всего, о повышении точности, разрешающей способности, а также улучшении помехозащищенности обзорных и обзорно-прицельных РЛС проектируемых комплексов огневого поражения боевых элементов ВТО и их носителей.

Основным фактором при этом является аналого-цифровое преобразование сигналов, которое для исключения малейших потерь в энергетике, предпочтительнее выполнять на радиочастоте.

Что касается последующей обработки, то в зависимости от длительности зондирующих импульсов и производительности вычислительных средств, таковая может осуществляться как непосредственно по отсчетам АЦП, так и по результатам их накопления со сбросом в жестко отведенных интервалах времени - стробах [2].

Поскольку большинство РЛС старого парка, как правило, оснащены некогерентными передатчиками, весьма продуктивным по конечному результату является техническое решение, состоящее в реконструкции псевдокогерентного режима приемников на цифровой основе. Сущность методологии такой реконструкции достаточно полно отражена в запатентованном автором изобретении [3].

Центральной его идеей является запоминание начальной фазы зондирующего импульса путем аналого-цифрового преобразования в приемнике сигнала передатчика ( для этого может использоваться просочившийся в приемник зондирующий импульс ) с последующим измерением функций  $\cos$  и  $\sin$  начальной фазы для фазирования отсчетов эхо-сигнала.

На рис. 1 приведен вариант аппаратурной реализации данного способа. Цифрами обозначены:

1 - антенна;

2 - переключатель "прием-передача";

- 3 - передатчик;
- 4 - приемник;
- 5 - аналого-цифровой преобразователь;
- 6 - формирователь квадратурных составляющих напряжения просочившегося импульса передатчика;
- 7 - формирователь квадратурных составляющих напряжения эхо-сигнала;
- 8 - вычислитель  $\cos$  ;
- 9 - вычислитель  $\sin$  ;
- 10 - блок доворота фазы эхо-сигнала.

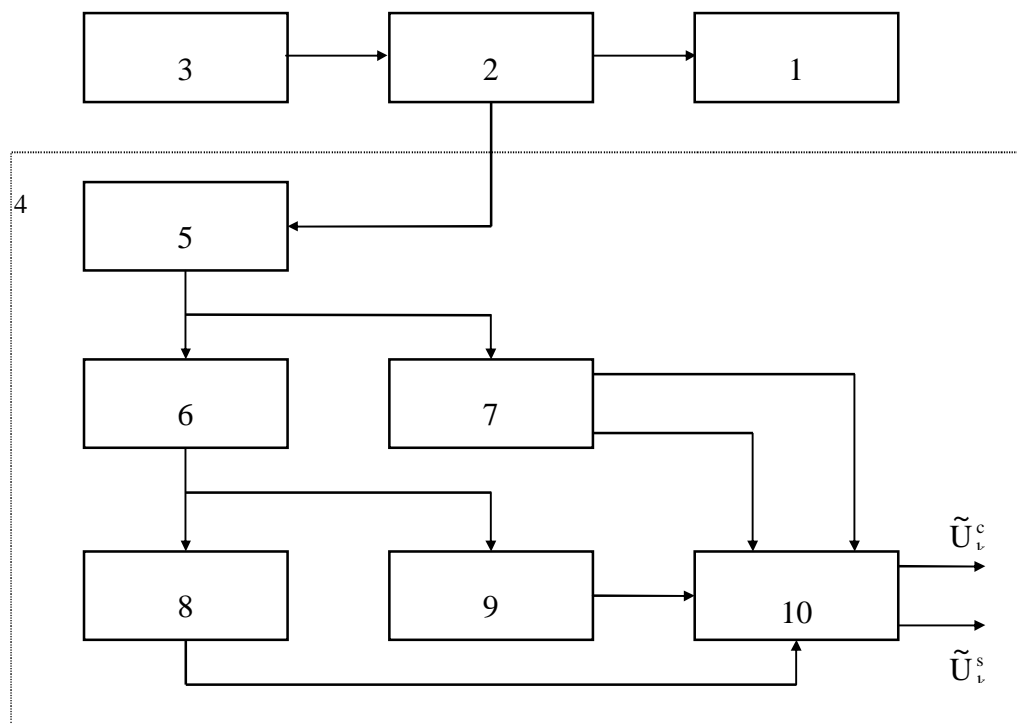


Рис. 1

Антенна 1, переключатель "Прием-передача" 2 и передатчик 3 выполняются по любой из известных схем.

Оцифровка зондирующего импульса и эхо-сигналов может быть выполнена на промежуточной частоте, например, 20-30 МГц, с помощью быстродействующего АЦП 5 типа 1107 ПВ5.

При этом генератор тактовых импульсов АЦП (на рис. 1 не показан) должен синхронизироваться импульсом запуска передатчика 3, что позволит оценить

начальную фазу просочившегося зондирующего импульса на том фиксированном участке существования сигнала, где отсутствуют переходные процессы.

Формирование квадратурных составляющих напряжений импульса передатчика в блоке 6 весьма эффективно реализует дискретный фильтр Гильберта, например, 6-го порядка. Вычислители  $\cos 8$  и  $\sin 9$  можно реализовать на основе ПЗУ.

Результирующие напряжения  $\tilde{U}_k^c$  и  $\tilde{U}_k^s$  далее используются для межпериодной обработки. С целью сокращения времени обзора и аппаратных затрат при обнаружении сигналов в ближней зоне имеет смысл предварительно накопить напряжения по нескольким стробам дальности [4].

Рассмотренное техническое решение может быть дополнено также процедурой измерения частоты зондирующего импульса. Впрочем, анализ имеющихся экспериментальных данных и результатов теоретических исследований позволяет надеяться, что в автогенераторах магнетронного типа уход частоты не превышает 1-2 % за время излучения сотни импульсов, что позволяет отказаться от замера частоты несущей при небольших размерах сигнальной пачки.

В целом же переход к цифровой псевдокогерентности открывает большие возможности для эффективного накопления сигналов с соответствующим улучшением энергетических показателей в условиях помех, позволяет улучшить подавление пассивных мешающих отражений, а при достаточно больших выборках - реализовать предложенное в [1] разрешение источников по частотным сдвигам эхосигналов.

В ряде случаев, когда диапазон несущей и параметры передающей системы затрудняют осуществление достаточно эффективного частотного различения, предлагается сосредоточиться на концепции предварительного определения времени задержки сигналов и разрешения их по времени прихода.

При этом оценки угловых координат предпочтительнее будет вычислять путем трансформации результатов предварительного измерения дальности с помощью специальной методики пересчета [5]. Суть ее состоит в том, что по результатам сверхразрешения определяют обобщенные по соответствующему параметру комплексные амплитуды сигналов и далее используют их в качестве напряжений в рамках односигнальных измерений.

Рассмотренный подход позволяет снять ограничения, которые следуют из понятия функции неопределенности для совместного измерения нескольких

параметров. В данном случае разрешение по одному из них одновременно означает разрешение по всем остальным. Достижимое при этом повышение разрешающей способности угловой пеленгации позволяет при неизменной апертуре антенны поднять устойчивость функционирования РЛС в условиях многолучевого распространения радиоволн (наличия "антипода"), при сопровождении целей, движущихся в плотном строю.

Что касается процедур измерения дальности, то при их рассмотрении достаточно ограничиться случаем узкополосного приемника. Согласно традиционным канонам радиотехники, его отклик на импульсный сигнал с известной долей условности будем считать гауссовским.

В случае  $M$  источников, неразрешаемых в релеевском смысле, гауссовская модель огибающей позволяет свести задачу измерения дальности к решению алгебраического уравнения степени  $M$ . Для этого необходимо соблюдение следующих условий:

1. Число используемых комплексных отсчетов АЦП должно быть не менее ближайшего целого, большего  $(2 \times M + 1)/2$ .
2. Интервал между отсчетами измерительной выборки должен быть регулярным.
3. При измерении дальности на радиочастоте все комплексные отсчеты АЦП необходимо предварительно повернуть по фазе на величину, компенсирующую ее набег за межотсчетный временной интервал.

Поскольку априорная информация о количестве источников отсутствует, среди возможных наборов оценок дальности должен быть выбран один, наиболее правдоподобный. Критерием отбора может служить модифицированная функция правдоподобия, из которой исключены неизвестные амплитуды сигналов.

Проверку всех гипотез о количестве источников  $M$  целесообразно проводить параллельно во времени, решая уравнения соответствующего порядка. Существенно, что проблему выбора несложно облегчить, ограничив количество типовых ситуаций приема в зависимости от удаления целей: на предельной дальности - односигнальной моделью, двухцелевой - в средней зоне и трехцелевой - в ближней.

В рассмотренных процедурах точность измерения определяется законом изменения огибающей. Как показали последние исследования, при совместной обработке комплексных видео- и радиоимпульсов (использование откликов фазовых детекторов и УРЧ) точность измерения дальности становится пропорциональной

частоте заполнения радиосигнала даже при неизвестной начальной фазе. Простейший вариант измерительной процедуры такого рода имеет место при условии, что начальные фазы видео- и радиосигналов совпадают либо отличаются на известную величину, длительности и амплитуды обоих импульсов равны, а их огибающие - тождественны [6].

Полученные оценки временного положения одиночных эхосигналов далее могут быть пересчитаны в значения угловых координат по указанной выше методике [5]. Использование предварительного оценивания дальности и в этом случае предпочтительнее автономной пеленгации целей по угловым координатам, поскольку позволяет повысить точность селекции за счет полного использования энергетике эхосигнала. Кроме того, переход к неслеющим измерителям устраняет проблемы, связанные с сопровождением целей в многосигнальных ситуациях и при наличии уводящих по дальности помех.

В заключение, следует отметить, что предлагаемый подход обеспечивает патентную чистоту процесса модернизации, что крайне важно при экспорте вооружения, в особенности, когда украинские производители не являются владельцами технической документации на модернизируемые образцы.

Изложенные здесь технические решения позволяют отработать унифицированный для всех видов и родов Вооруженных Сил Украины базовый радиолокационный приемный модуль. Будучи неизменным в своей основе, в зависимости от частоты несущей и длительности импульсов он будет адаптироваться под конкретные задачи только на уровне АЦП, схемы его сопряжения с аналоговым трактом и программ обработки информации.

Кроме модернизации приемника, рассмотренный подход открывает широкие возможности для унификации систем индикации и отображения информации, аппаратуры передачи данных. В дальнейшем это позволит существенно удешевить эксплуатацию и ремонт радиолокационной техники и вооружения.

#### Литература.

1. Отчет по НИР "Дискрет".- Киев: НЦ ПЗ ВГО. 1997.
2. Слюсар В. И. Синтез алгоритмов измерения дальности М источников при дополнительном стробировании отсчетов АЦП// Радиотехника, 1996, № 5, С. 55 - 62.

3. Патент РФ № 2054691. Способ обработки некогерентного пакета радиоимпульсов/Слюсар В.И., Слюсарь И.И.- опубл. 20.02.1996, БИ № 5, С. 216 - 217.

4. Заявка на выдачу патента Украины на изобретение № 96062358 от 14.06.1996 г. Способ обнаружения целей/ Слюсар В. И.-готовится к публикации.

5. Отчет по НИР "Афалина".- Киев: НЦ ПЗ ВТО. 1996.

6. Заявка на выдачу патента Украины на изобретение № 96052198 от 5.06.1996 г. Способ измерения дальности/ Слюсар В. И.-готовится к публикации.