

УДК 621.396.96

Е.Л. Казаков, Д.Г. Васильев

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМЕ РАЗНЕСЕННЫХ НА МЕСТНОСТИ РЛС

Предложена структурная схема устройства определения удлинения (отношения поперечного к продольному размеру) радиолокационной цели при совместном использовании информации об интервале частотной корреляции квадратов амплитуд отраженных многочастотных сигналов, принимаемых системой разнесенных на местности РЛС. Рассмотрены особенности построения этого устройства.

распознавание, радиолокационная цель, геометрические характеристики, интервал частотной корреляции, коэффициент удлинения

Введение

Постановка проблемы. В современной научнотехнической литературе подробно рассматриваются вопросы анализа информации о геометрических характеристиках радиолокационных целей, содержащихся в отраженном многочастотном сигнале (МЧС). Данные характеристики могут быть использованы в качестве признаков распознавания целей. Поэтому разработка методов и устройств определения геометрических характеристик радиолокационных целей по отраженному МЧС является актуальной научно-технической проблемой. Разработке структурной схемы устройства определения геометрических характеристик радиолокационных целей по отраженному некогерентному многочастотному сигналу (НМЧС), принимаемому системой разнесенных на местности РЛС, посвящена настоящая статья.

Анализ последних исследований и публикаций. В ряде работ [1, 2, 5] детально рассмотрена информация, получаемая при некогерентной обработке отраженного МЧС, принимаемого совмещенной РЛС. В работе [1] подробно рассмотрены методы обработки этого сигнала для определения геометрических характеристик цели в однопозиционной РЛС. В работе [3] проанализирована информация, содержащаяся в отраженном НМЧС, принимаемом вынесенной по отношению к основной РЛС. Работа [4] посвящена разработке метода определения геометрических характеристик радиолокационных целей при использовании НМЧС в системе разнесенных на местности РЛС. Реализация этого метода может быть осуществлена различными способами.

Целью статьи является разработка структурной схемы устройства определения коэффициента удлинения радиолокационной цели (отношения ее поперечного размера к продольному) при совместном исполь-

зовании информации об интервале частотной корреляции квадратов амплитуд отраженных НМЧС, принимаемых системой разнесенных на местности РЛС.

Основной материал

В работе [4] был рассмотрен метод определения геометрических характеристик радиолокационных целей при использовании НМЧС в системе разнесенных на местности РЛС (рис. 1).

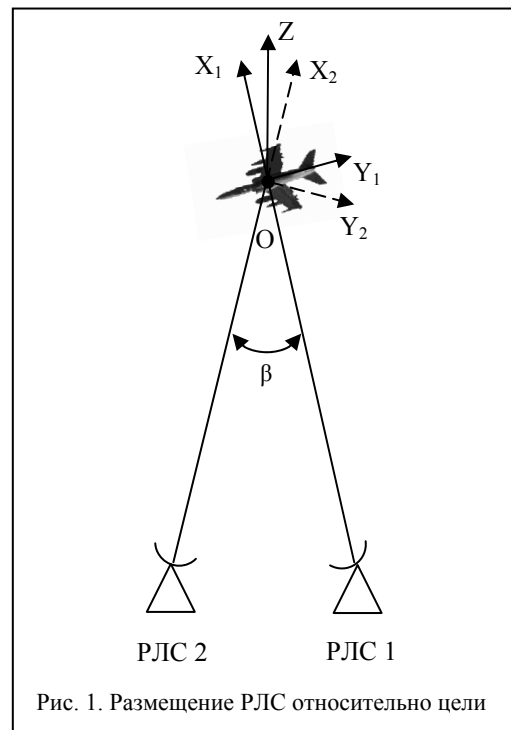


Рис. 1. Размещение РЛС относительно цели

Получены выражения для определения коэффициента удлинения радиолокационной цели, в зависимости от изменения координат и разности координат отражающих элементов цели в виде:

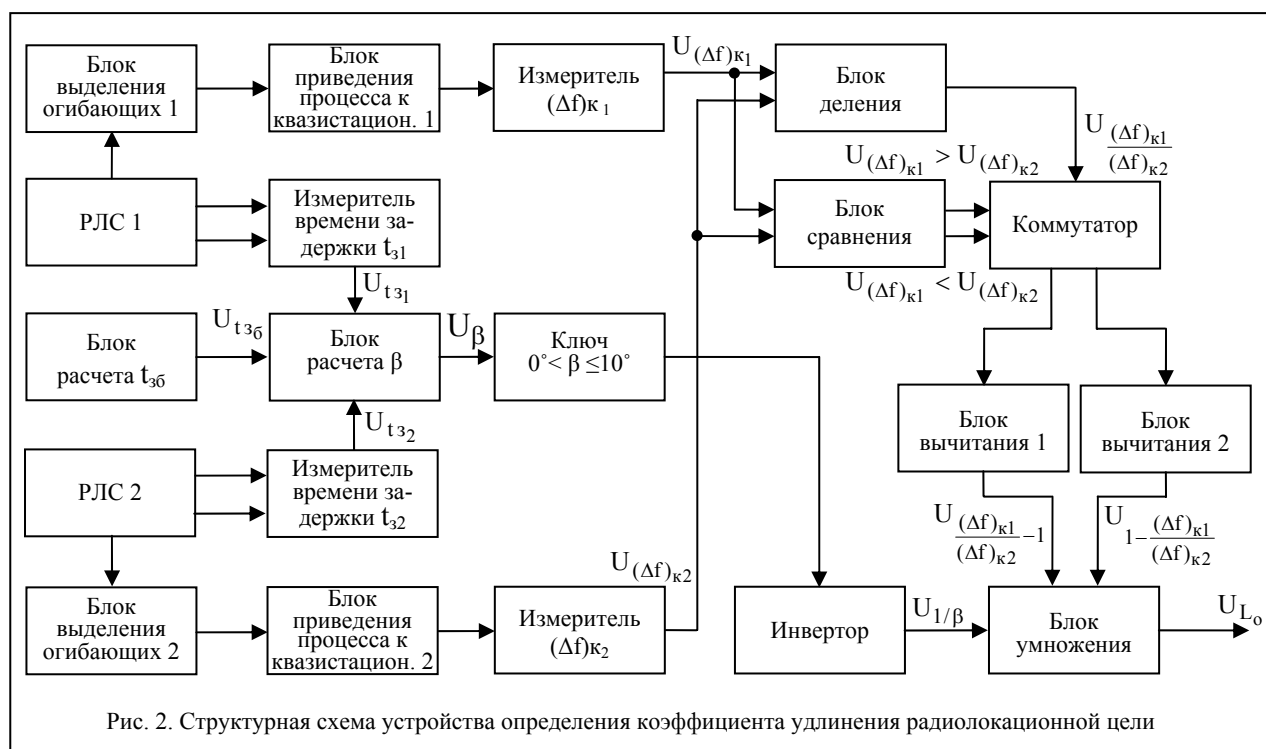
$$L_o = \frac{1}{\beta} \cdot \left[\frac{(\Delta f)_{k1}}{(\Delta f)_{k2}} - 1 \right]; \quad (1)$$

$$L_o = \frac{1}{\beta} \cdot \left[1 - \frac{(\Delta f)_{k1}}{(\Delta f)_{k2}} \right], \quad (2)$$

где β – угол разноса между РЛС 1 и РЛС 2; $(\Delta f)_{k1}$, $(\Delta f)_{k2}$ – интервалы частотной корреляции огибающих квадратов амплитуд отраженных НМЧС соответственно РЛС 1 и РЛС 2, выраженные в МГц.

Таким образом, для определения коэффициента удлинения цели, наблюдаемой системой разнесенных на местности на небольшой угол РЛС, необходимо определить в каждой РЛС интервалы частотной корреляции огибающих квадратов амплитуд отраженных НМЧС, произвести их сравнение и воспользоваться выражениями (1) или (2).

С учетом вышеизложенного предлагается структурная схема устройства определения коэффициента удлинения радиолокационной цели, которая изображена на рис. 2.



Работа устройства возможна при значениях угла разноса между РЛС, удовлетворяющих условию $0 < \beta \leq 10^\circ$. При значениях $\beta > 10^\circ$ коэффициент удлинения зависит от величины коэффициента формы наблюдаемой цели в поперечном и продольном направлениях [4], а априорная информация о коэффициентах формы наблюдаемых целей при различных ракурсах ее наблюдения отсутствует.

Работа устройства заключается в следующем. С выходов приемников РЛС 1 и РЛС 2 отраженные от радиолокационной цели НМЧС поступают на блоки выделения огибающих 1 и 2. В состав каждого блока входят линии задержки, согласованные фильтры и квадратичные амплитудные детекторы по количеству частот МЧС. С выходов этих блоков напряжения, соответствующие огибающим квадратам амплитуд отраженных МЧС в частотной области, подаются на входы соответствующих блоков приведения процесса к квазистационарному 1 и 2. Это связано с тем, что при некоторых ракурсах наблюдения реализации амплитуд отраженных от целей сигнала

представляют собой нестационарный случайный процесс, что приводит, в конечном счете, к большим ошибкам при определении интервалов частотной корреляции. Для устранения этого явления перед проведением расчетов этих интервалов огибающая амплитуд принятых сигналов приводится к нулевому среднему, в результате чего процесс становится квазистационарным [2, 6].

С выхода первого блока приведения процесса к квазистационарному соответствующее напряжение подается на вход измерителя интервала частотной корреляции 1, а с выхода второго блока – на вход измерителя интервала частотной корреляции 2. На выходах этих измерителей формируются соответственно напряжения, пропорциональные величинам $(\Delta f)_{k1}$ и $(\Delta f)_{k2}$. С выходов измерителей интервалов частотной корреляции соответствующие напряжения поступают на блок деления, где осуществляется операция $(\Delta f)_{k1} / (\Delta f)_{k2}$. Эти напряжения поступают также на блок сравнения, где происходит

сравнение величин $(\Delta f)_{k_1}$ и $(\Delta f)_{k_2}$. В зависимости от результата сравнения напряжение с выхода блока деления при помощи коммутатора поступает на вход блока вычитания 1 или блока вычитания 2, в которых осуществляется соответственно операции $\frac{(\Delta f)_{k_1}}{(\Delta f)_{k_2}} - 1$ или $1 - \frac{(\Delta f)_{k_1}}{(\Delta f)_{k_2}}$. С выхода того или иного

блока вычитания полученное напряжение поступает на первый вход блока умножения.

Определение угла разноса между РЛС 1 и РЛС 2 осуществляется следующим образом. На первые входы измерителей времен задержки 1 и 2 с синхронизаторов каждой РЛС подаются импульсы запуска передатчика, соответствующие началу формирования первого импульса в группе импульсов зондирующего НМЧС. На вторые входы этих измерителей из приемных устройств РЛС 1 и РЛС 2 поступают отраженные от наблюдаемой цели первые импульсы НМЧС. С выходов этих измерителей напряжения, соответствующие времени задержки отраженного НМЧС по отношению к зондирующему, подаются на входы блока расчета угла разноса РЛС 1 и РЛС 2 (β). Работа этого блока осуществляется в соответствии с алгоритмом, полученным на основе использования теоремы косинусов и описывается следующим выражением

$$\beta = \arccos \left\{ \frac{t_{31}^2 + t_{32}^2 - t_{3612}^2}{2 \cdot t_{31} \cdot t_{32}} \right\},$$

где t_{31} , t_{32} – времена запаздывания первых импульсов НМЧС при прохождении ими расстояния соответственно от РЛС 1 и РЛС 2 до наблюдаемой цели и обратно; t_{3612} – время запаздывания первого импульса НМЧС при прохождении им расстояния от РЛС 1 до РЛС 2 и обратно.

На выходе блока расчета β формируется напряжение, пропорциональное углу разноса между РЛС. В связи с движением цели по траектории, напряжения, пропорциональные временам запаздываний t_{31} , t_{32} должны постоянно подаваться на блок расчета угла разноса. По этим данным значение угла β постоянно уточняется в процессе работы рассматриваемого устройства. Необходимо отметить, что t_{3612} может быть измерено после занятия позиций РЛС путем разворота антенн РЛС в направлении друг друга по времени запаздывания сигнала, излученного с РЛС 2. Однако эти измерения могут быть проведены в том случае, когда позволяют условия местности. Кроме того, при наличии в РЛС аппаратуры топогеодезической привязки, по имеющимся данным, t_{3612} может быть легко рассчитано.

С выхода блока расчета β напряжение, пропорциональное значению β , поступает на ключ, обеспечивающий работу устройства при условии

$0 < \beta \leq 10^\circ$, и далее – на вход инвертора. С выхода инвертора напряжение, пропорциональное значению $1/\beta$, подается на второй вход блока умножения. В состав этого блока входят коммутатор, умножитель и логический элемент “И”, который включает коммутатор при наличии двух входных напряжений. Выходное напряжение блока умножения пропорционально коэффициенту удлинения радиолокационной цели U_{L_0} , то есть отношению ее поперечного размера к продольному.

При $\beta > 10^\circ$ устройство не работает. Логический элемент “И” в блоке умножения отключает коммутатор в связи с отсутствием сигнала из блока расчета β .

Выводы

Предложенное устройство позволяет реализовать рассмотренный в [4] метод определения коэффициента удлинения радиолокационной цели, то есть отношение поперечного размера наблюдаемой цели к ее продольному размеру, при использовании информации об интервалах частотной корреляции двух разнесенных на местности РЛС, использующих НМЧС, в соответствии с выражениями (1) или (2). Угол разноса системы РЛС при этом не должен превышать 10° . В устройстве учитываются особенности выделения огибающих квадратов амплитуд отраженных НМЧС.

Список литературы

1. Радиолокационные признаки распознавания при многопозиционной локации / Е.Л. Казаков и др.; Под ред. Е.Л. Казакова. – Х.: АСЭ, 2005. – 188 с.
2. Распознавание целей при многочастотной радиолокации / Е.Л. Казаков и др.; Под ред. Е.Л. Казакова. – Х.: МОУ, ОННИ ВС, 2007. – 188 с.
3. Казаков Е.Л., Васильев Д.Г. Анализ информации, содержащейся в автокорреляционной функции квадратов амплитуд отраженных многочастотных сигналов, принимаемых вынесенной РЛС // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил – Х.: ОНДІ ЗС, 2007. – Вип. 1 (6). – С. 102-106.
4. Казаков Е.Л., Васильев Д.Г. Метод определения геометрических характеристик радиолокационных целей при использовании многочастотных сигналов в системе разнесенных РЛС // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил – Х.: ОНДІ ЗС, 2007. – Вип. 2 (7). – С. 74-79.
5. Вишин Г.М. Многочастотная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1986. – 183 с.
6. Юшин В.И. Оптимальные интервалы осреднения при измерении статистических характеристик нестационарного процесса по одной реализации // Автоматика. – 1966. – № 3. – С. 113-121.

Потупила в редколлегию 9.01.2008

Рецензент: д-р техн. наук, старш. научн. сотр. В.И. Антюфеев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.