

Воробей В.И., Носовский А.Н.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ ОБЗОРНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Разработаны алгоритм автоматического обнаружения с отбраковкой сигналов, отраженных от берега, структурная схема и техническое описание устройства, реализующего этот алгоритм.

Ключевые слова: радиолокация, автообнаружитель, отражение от берега.

Постановка проблемы. При плавании в условиях интенсивного движения судов и ограниченной видимости для своевременного привлечения внимания судоводителя в современных радиолокационных станциях (РЛС) применяются автоматические обнаружители (автообнаружители) целей. Построение автообнаружителей для их эффективной работы связано с решением, в частности, таких задач, как защита от помех и отбраковки береговых массивов.

Проблема состоит в том, что, как показали исследования, проведенные в рамках данной работы, существует необходимость повышения достоверности автоматического обнаружения цели в условиях сплошных и прерывистых береговых массивов. **Задача** заключается в том, чтобы автообнаружитель «отбраковывал» отметки от берега, повышая при этом достоверность правильного обнаружения.

Анализ исследований, проведенных в [1 - 4], показал, что автоматические обнаружители в определенных ситуациях ложно «срабатывают» в районе береговых участков, отвлекая внимание судоводителя и перегружая устройства первичной и вторичной цифровой обработки радиолокационной информации.

Цель данной статьи – разработка алгоритма автоматического обнаружения цели с отбраковкой сигналов, отраженных от берега, структурной схемы и технического описания устройства, реализующего этот алгоритм.

Основной материал. Разработка алгоритма основывается на том факте, что размер цели в большинстве случаев меньше размера береговой отметки. Кроме того, на разных дальностях угловой размер цели, так же, как и угловой размер береговой отметки, различный: чем ближе цель (берег) к нашему судну, тем больше угловой размер $\Delta\Pi$ отметки, т.е.

$$\Delta\Pi = f(d),$$

где d – дальность до отметки.

Для цели, максимальной по размеру, например, танкер (300 м – 400 м), можно определить зависимость ее углового размера от дальности для РЛС конкретного диапазона частоты излучения (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость углового размера от дальности

Дальность до отметки, d	Угловой размер отметки, $\Delta\Pi$
d_1	$\Delta\Pi_{\text{мин}1} \leq \Delta\Pi_1 \leq \Delta\Pi_{\text{макс}1}$
d_2	$\Delta\Pi_{\text{мин}2} \leq \Delta\Pi_2 \leq \Delta\Pi_{\text{макс}2}$
...	...
d_n	$\Delta\Pi_{\text{мин}n} \leq \Delta\Pi_n \leq \Delta\Pi_{\text{макс}n}$

Все, что по угловому размеру на данной дальности больше заданного, принадлежит берегу. Таким образом происходит отбраковка отметок по угловому размеру.

На рис.1 представлена структурная схема укрупненного алгоритма, реализующего зависимость, приведенную в табл. 1.

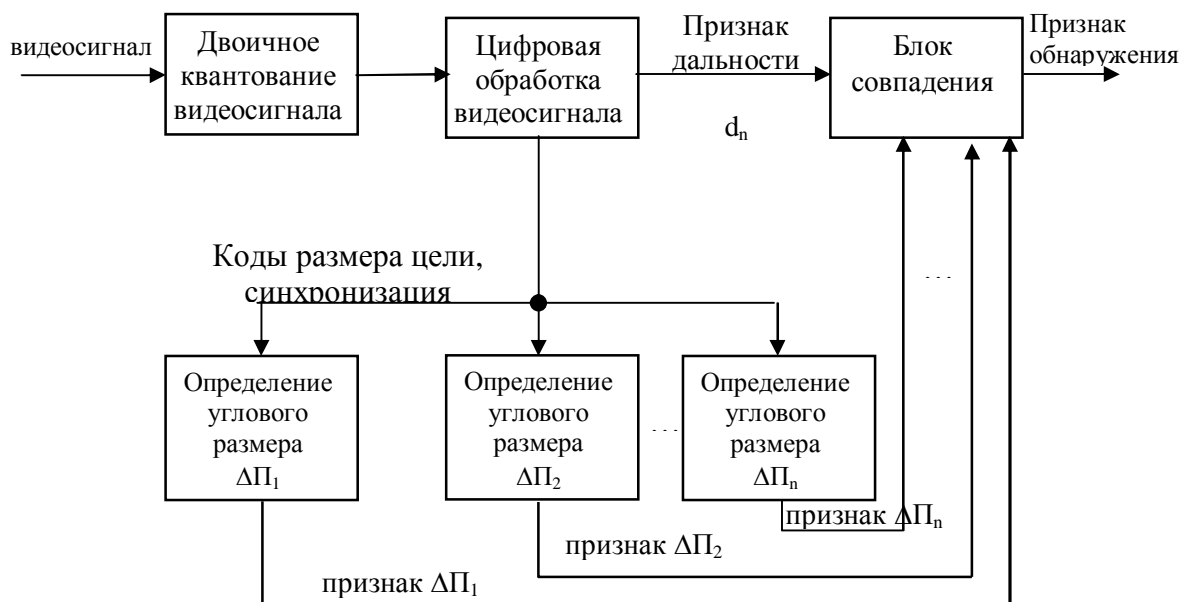


Рис. 1.

На рис.2 приведена аппаратная реализация алгоритма, представленного на рис.1 для кольцевого автообнаружителя целей. На схеме обозначено: вход 1 – видеосигнал, вход 2 – такты дальности, вход 3 – «0» дальности, вход 4 – управляющие импульсы от РЛС, вход 5 – импульсы запуска развертки.

Кольцевой обнаружитель эхо-сигналов работает следующим образом. Судоводитель, вращая штурвал, связанный с линейным потенциометром блока управления 20, задает необходимое положение кольцевого строба обнаружения (кольцо дальности).

В компараторе 1 постоянное напряжение, поступающее из блока 20 управления, сравнивается с пилообразным напряжением, поступающим с выхода генератора 19 пилообразного напряжения, который запускается «нулем» дальности, формируемым синхронизатором РЛС, и обрывается выходным импульсом компаратора 1. Этот импульс переводит триггер 2 в единичное состояние (начало строба дальности), и этот же импульс через элемент ИЛИ 7 в виде «единицы» записывается в сдвиговый регистр 3, число разрядов которого равно числу дискретов (элементов разрешения) в стробе по дальности. Сигнал с выхода триггера 2 подается на вторые входы первого 5 и второго 9 блоков совпадения. В результате такты дальности через второй блок совпадения поступают на сдвигающий вход сдвигового регистра 3, а на информационный вход этого регистра поступает через элемент ИЛИ 7 и первый блок 5 совпадения с выхода порогового блока 6 видеосигнал, квантованный с частотой тактов дальности. «Единица», записанная выходным импульсом компаратора 1 в сдвиговый регистр 3, передвигается из разряда в разряд тактами дальности. Попадая в последний разряд регистра 3, «единица» переводит первый триггер 2 в исходное состояние, что соответствует концу строба дальности. В результате поступление информации на сдвиговый регистр 3 прекращается, и в сдвиговом регистре записан бинарно-квантованный сигнал на участке одной развертки дальности.

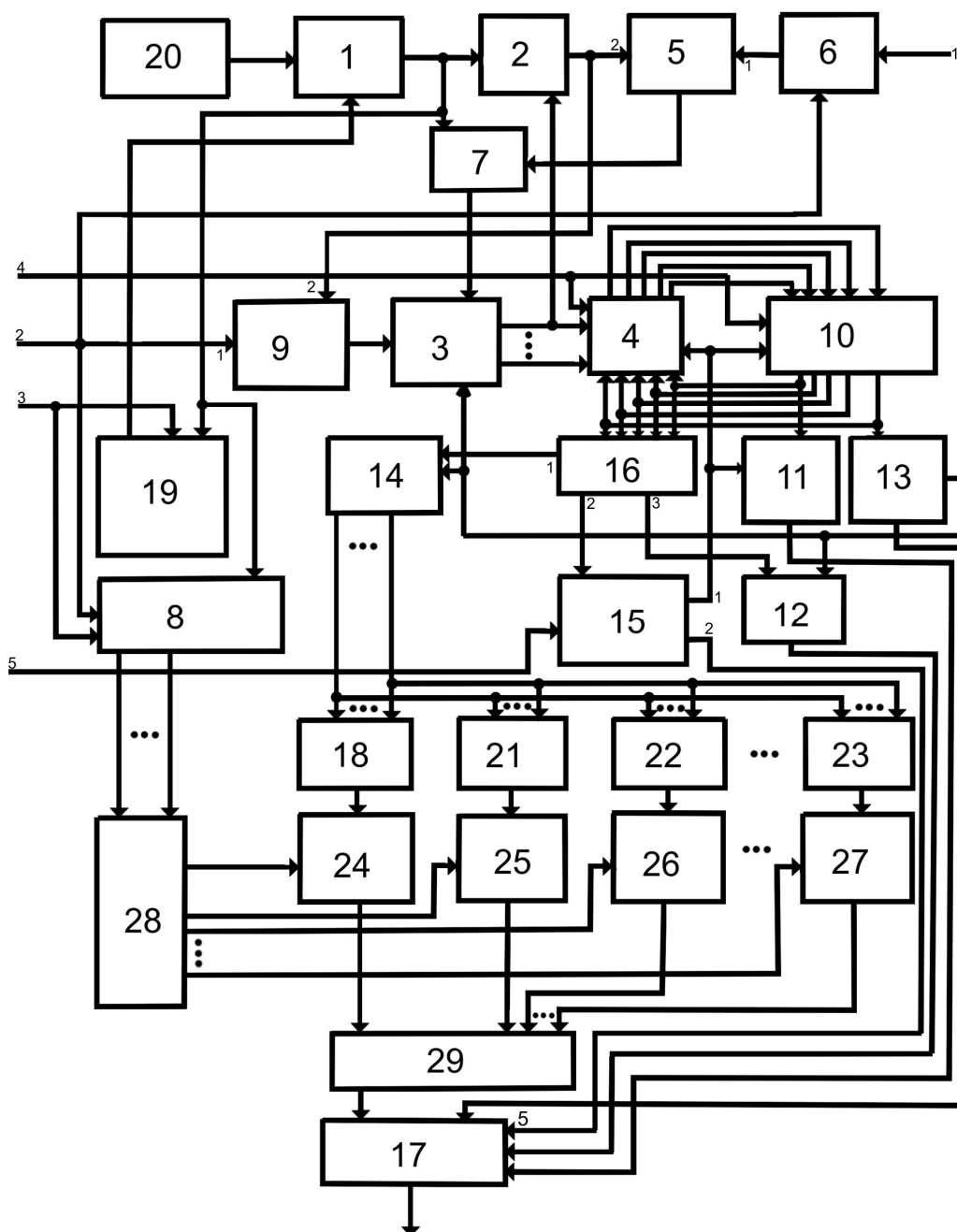


Рис. 2.

После окончания прямого хода развертки из синхронизатора РЛС (не показан) на четвертый вход обнаружителя поступает управляющий импульс, разрешающий проводить поразрядную операцию логического умножения состояния разрядов сдвигового регистра 3 на состояние разрядов регистра 10 результата (начальная установка регистра 10 – «единицы» во всех разрядах) с последующей переписью состояния блока 4 умножения в регистр 10 результата. На первом выходе дешифратора 16 единиц появляется сигнал, если в двух смежных развертках дальности есть «единицы» (импульсы, превышающие амплитудный порог) в одном и том же интервале дальности. Число разверток с наличием «единиц» подсчитывает двоичный счетчик 14 единиц, определяя угловой размер цели. Триггеры 11 и 13, начальная установка которых соответствует разрешающему («1») сигналу на их выходах, устанавливаются в противоположное состояние, если на их информационные входы поступает сигнал «1» с первого и последнего соответственно разрядов регистра 10 результата, обозначая «прилипание» цели к ближнему или дальнему соответственно краям кольцевого

строба дальности, т.е. «прилипающие» к краям строба отметки не обнаруживаются. Триггер 12, начальная установка которого соответствует разрешающему сигналу на его выходе, устанавливается в противоположное состояние, если на его информационный вход с третьего выхода дешифратора 16 единиц поступает импульс, который формируется в том случае, если размер цели по дальности превышает заданный, т.е. отметка, размер которой по дальности больше заданного, не обнаруживается. Реверсивный счетчик 15 нулей определяет моменты окончания пакета сигнальных импульсов по углу – появление серии «нулей». Состояние реверсивного счетчика 15 в течение времени прихода импульсов пакета со второго выхода дешифратора 16 – нулевое, так как каждая «единица», пришедшая на инверсный вход и изменяющая состояние реверсивного счетчика 15, сбрасывается импульсом запуска РЛС из синхронизатора РЛС, поступающим на прямой вход счетчика 15. После окончания пакета «единицы» на инверсный вход не поступают, реверсивный счетчик 15 начинает считать развертки дальности, и, по прохождении установленного числа разверток, оказывается в состоянии «конца пакета», т.е. после пакета импульсов прошло установленное число «нулей». В результате на втором выходе реверсивного счетчика 15 выдается импульс разрешения, поступающий на пятый вход блока 17 совпадения.

Таким образом, следующей будет обнаружена отметка, которая по пеленгу находится от предыдущей отметки на расстоянии не менее, чем установленное число разверток, т.е. близко расположенные отметки не обнаруживаются. Если после окончания пакета «единиц» реверсивный счетчик 15 не насчитал установленное число разверток до прихода на его инверсный вход первой после пакета единицы, то на первом выходе реверсивного счетчика 15 выдается импульс обнуления, устанавливающий соответствующие блоки в исходное состояние, что исключает формирование ложного пакета «единиц» заданного размера, состоящего из суммы отдельных далеко отстоящих «единиц» или «групп» единиц,

Счетчик 8 текущей дальности, формирующий код дальности, соответствующий дальности от начала развертки до начала строба дальности, запускается «нулем» дальности, поступающим из синхронизатора РЛС на вход признака начала счета счетчика 8. Счетчик ведет подсчет тактов дальности до тех пор, пока на его вход признака конца счета не поступит импульс с выхода компаратора 1.

Счетчик 14 единиц подсчитывает число «единиц» – угловой размер $\Delta\Pi$ цели, лежащий в общем случае в пределах

$$\Delta\Pi_{\min} \leq \Delta\Pi \leq \Delta\Pi_{\max};$$

$$\Delta\Pi_{\max} = \Delta\Pi_{\min} + \beta/2R.$$

где β – коэффициент пропорциональности, соответствующий определенному линейному размеру цели;

R – расстояние до начала строба дальности.

На выходе дешифратора 18 формируется разрешающий сигнал при условии

$$\Delta\Pi_{\min} \leq \Delta\Pi_1 \leq \Delta\Pi_{\max 1}$$

На выходе дешифратора 21 формируется разрешающий сигнал при условии

$$\Delta\Pi_{\min} \leq \Delta\Pi_2 \leq \Delta\Pi_{\max 2}$$

На выходе дешифратора 22 формируется разрешающий сигнал при условии

$$\Delta\Pi_{\min} \leq \Delta\Pi_3 \leq \Delta\Pi_{\max 3}$$

и так далее.

Код дальности с выхода счетчика 8 поступает на дешифратор 28 дальности, на выходах которого, начиная с первого, последовательно формируются разрешающие сигналы по мере увеличения кода дальности.

Пусть начало кольца обнаружения находится на расстоянии x миль, что соответствует $\Delta\Pi_{\max} = n$. Тогда на дальности x миль будут обнаруживаться отметки, размер которых не

превышает n , и отметки больших размеров обнаружены не будут. Пусть счетчик 8 дальности передал в дешифратор 28 дальности код, соответствующий дальности x миль, и на n -м выходе дешифратора 28 дальности появился разрешающий сигнал. Пусть также двоичный счетчик 14 единиц насчитал две пачки единиц, соответствующие размерам по пеленгу k и m , и разрешающие сигналы появились на выходах, например k -го и m -го дешифраторов. Так как n -выход дешифратора 28 дальности жестко связан через n -й элемент И только с n -м дешифратором, а не с k -м или m -м, то на выход обнаружителя не пройдет сигнал, обозначающий признак обнаружения ложной цели. Если в кольцевом строке появится отметка размером не более n , то на выходе n -го дешифратора появится разрешающий сигнал, и на выходе обнаружителя при наличии разрешающих сигналов на первом, втором, третьем, пятом входах блока совпадения 17 сформируется признак обнаружения цели.

Выводы. Таким образом, разработан алгоритм автоматического обнаружения цели с отбраковкой сигналов, отраженных от берега, разработана структурная схема и приведено техническое описание устройства, реализующего алгоритм. В перспективе целесообразно проведение исследований, направленных на разработку обнаружителей, учитывающих различные требования к помехозащищенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин – М.: Советское радио, 1974. – 432 с.
2. Судовые средства автоматизации предупреждения столкновений судов/ Ю. Г. Зурабов, Р. Н. Черняев, Е. В. Якушев, В. Я. Яловенко. – М.: Транспорт. – 246 с.
3. А.с. 984317 СССР. МКИ³ G 01S 7/30. Кольцевой обнаружитель эхо-сигналов обзорной радиолокационной станции / В. А. Ермак, В. И. Майко, Н. Н. Скороходов, А. А. Якушенков, В. Я. Яловенко (СССР). – № 3228410/18-09; заявл. 04.01.81.
4. А.с. 1106265 СССР. МКИ³ G 01S 13/04. Обнаружитель эхо-сигналов обзорной радиолокационной станции /С. З. Кузьмин, Н. Н. Скороходов, В. Я. Яловенко (СССР). – № 3377759/18-09; заявл. 30.12.81.

Воробей В.І., Носовський А.М.

АВТОМАТИЧНЕ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ОГЛЯДОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ

Розроблені алгоритм автоматичного виявлення цілі з використанням сигналів, відбитих від берега, структурна схема і технічний опис пристрою, що реалізовує цей алгоритм.

Ключові слова: радіолокація, автовиявляч, відображення від берега.

Vorobei V., Nosovskyi A.

AUTODETECTION OF SIGNALS OF THE SURVEY RADIO-LOCATION STATION

Worked out algorithm of autodetection of target to reject the signals reflected from a bank, diagram of structure and technical description of device realizing this algorithm.

Keywords: radar, autodetection, reflection from a bank.