

Изобретение относится к области радиолокации и может быть использовано для обнаружения малоскоростных воздушных целей на фоне обратных помеховых отражений от земной поверхности и измерения высоты таких целей.

В качестве прототипа выбрана РЛС определения высоты с качающейся диаграммой направленности. Зондирующий сигнал такой РЛС представляет собой периодическую последовательность радиоимпульсов на стабильной несущей частоте микроволнового диапазона. В состав прототипа входят следующие элементы: прямо-передающая антенна с устройством качания ее по углу места и датчиком угла места, который связан с индикатором РЛС; антенный переключатель, переключающий антенну с передачи на прием, передатчик зондирующих сигналов; приемник эхо-сигналов цели и индикатор дальность-высота.

Определение угла места цели в прототипе осуществляется путем непрерывного механического качания в вертикальной плоскости антенны с узкой по углу места диаграммой направленности. При этом угол места цели определяют по угломестному положению антенны в момент приема эхо-сигнала цели. Для защиты от пассивных помех в прототипе может быть использована описанная выше система СДЦ. Хотя такая система не указана на схеме, но эта система обычно используется в известных промышленных реализациях прототипа. Высоту цели в прототипе определяют по результату измерения угла места и наклонной дальности цели.

Недостатком прототипа является то, что такая РЛС не обеспечивает обнаружения и измерения высоты малоскоростных и неподвижных воздушных целей на фоне обратных помеховых отражений от земли даже, если в состав прототипа будет включена известная система СДЦ.

В основу изобретения поставлена задача устранения отмеченных недостатков аналога и прототипа и обеспечения возможности обнаружения и измерения угла места малоскоростных или неподвижных воздушных целей на фоне обратных помеховых отражений от земной поверхности.

Решение этой задачи достигается благодаря тому, что в наземном радиолокационном высотомере, содержащем передатчик, приемник, прямо-передающую антенну с антенным переключателем, устройство угломестного качания антенны с датчиком угла места и индикатор, предусмотрены следующие отличия: передатчик и антенна выполнены для излучения несинусоидальных импульсных сигналов в виде периодической последовательности пары разнополярных радиоволновых видеоимпульсов длительностью 1 нс и менее без несущей частоты, время запаздывания которых друг относительно друга равно

$$t_3 = \frac{2h \sin \theta}{c}, \quad (1)$$

где  $t_3$  - время запаздывания зондирующих разнополярных импульсов в паре;

$h$  - высота подъема антенны над землей;

$\theta$  - угол наклона оси антенны;

$c$  - скорость света,

на выходе приемника установлены два широкополосных диода противоположной

полярности, один из которых связан со входом устройства вычитания, а другой - со входом управляемой линии задержки, время задержки которой равно  $t_3$ , выход линии задержки связан со вторым входом устройства вычитания, выход которого связан с индикатором, а входы управления линии задержки и передатчика связаны с выходом датчика угла места. При этом период следования зондирующих сигналов  $T$  такой же, как и у прототипа.

На фиг.1 представлена упрощенная структурная схема предложенного устройства, а также условно показаны прямо-передающая антенна, цель, поверхность земли, упрощенная эпюра зондирующего сигнала, и лучи радиоволн эхо-сигналов цели и пассивной помехи от земли. На фиг.2а, б, в, г, д, е условно показаны эпюры зондирующего сигнала, пассивной помехи и эхо-сигнала от первого (положительного) зондирующего импульса, пассивной помехи эхо-сигнала от второго (отрицательного) зондирующего импульса, напряжений сигнала на выходах приемника, линии задержки и устройства вычитания.

В состав структурной схемы предложенного устройства на фиг.1 входят следующие элементы: прямо-передающая антенна 1 с устройством качания антенны по углу места 2 и датчиком угла места 3; антенный переключатель 4 для подключения антенны к передатчику при излучении зондирующих импульсов и к приемнику - при приеме сигналов; передатчик несинусоидальных импульсных сигналов 5, вход управления которого связан с выходом датчика угла места 3; приемник 6 для приема несинусоидальных эхо-сигналов; два широкополосных диода 7, 8, подключенных к выходу приемника в противоположной полярности (диод 7 пропускает положительные импульсы эхо-сигнала, а диод 8 - отрицательные импульсы, то есть эти диоды служат для разделения положительных и отрицательных импульсов эхо-сигнала); управляемая линия задержки 9, время задержки которой определено формулой (1) и изменяется пропорционально  $\sin \theta$  при качании антенны по углу места  $\theta$  (эта линия задерживает только положительные импульсы эхо-сигнала); устройство вычитания 10 для вычитания напряжения отрицательных импульсов эхо-сигнала с выхода диода 8 из напряжения положительных импульсов, задержанных линией задержки; индикатор 11 для визуального наблюдения импульсов эхо-сигналов и отсчета высоты и дальности цели.

Физическая сущность и принцип действия предложенного устройства поясняются следующим. Антенна РЛС излучает радиоволны в виде периодической последовательности пары разнополярных видеоимпульсов наносекундной длительности с периодом следования  $T$  без несущей частоты. Первый зондирующий импульс пары положительный, а второй - отрицательный и запаздывает на время  $t_3$  относительно первого. Это время  $t_3$  определено формулой (1) и изменяется при изменении угла наклона антенны  $\theta$ . Поэтому вход управления передатчика 5 связан с выходом датчика угла места 3. Эпюра зондирующего сигнала условно показана на фиг.2а.

В предложенном устройстве использовано

известное свойство несинусоидальных импульсных сигналов изменять полярность импульса при отражении от земли или цели, а также то, что длительность импульсов  $\tau$  очень мала и зачастую имеется возможность разрешить по времени импульсы прямых и отраженных от земли эхо-сигналов цели.

Радиоволны от антенны до цели и обратно распространяются следующими четырьмя возможными путями:

- 1) антенна - цель - антенна;
- 2) антенна - цель - земля - антенна;
- 3) антенна - земля - цель - антенна;
- 4) антенна - земля - цель - земля - антенна.

Самым коротким является первый путь. На втором и третьем пути время запаздывания сигнала одинаково и больше времени запаздывания на первом пути на величину  $t_3$ , определяемую формулой (1). Самым длинным является четвертый путь, на котором время запаздывания больше на  $t_3$ , чем на втором или третьем пути. В результате одному положительному зондирующему импульсу будет соответствовать три импульса эхо-сигнала цели; первый отрицательный импульс для первого пути, второй положительный импульс для второго и третьего пути вместе, и третий отрицательный импульс для четвертого пути. Помеховый сигнал от поверхности земли для первого положительного зондирующего импульса будет представлять собой протяженный сигнал отрицательной полярности длительностью  $d/c$ , где  $d$  - диаметр области, "засвеченной" помеховыми отражениями от земли.

Эпюра помехи и сигнала для первого положительного зондирующего импульса приближенно показана на фиг.2б. Для второго отрицательного зондирующего импульса полярность помехи и сигнала будет противоположной, чем для положительного зондирующего импульса. Этот сигнал будет запаздывать на время  $t_3$  по сравнению с сигналом на фиг.2б и показан на фиг.2в. При приеме сигналы на эпюрах фиг.2б, в складываются. В результате пассивная помеха от земли будет подавлена, а эхо-сигнал на выходе приемника 6 будет выглядеть примерно так, как показано на фиг.2г. Широкополосные диоды 7, 8 разделяют положительные и отрицательные импульсы эхо-сигналов на выходе приемника 6. После этого положительные импульсы эхо-сигнала задерживаются на время  $t_3$  линией задержки 9 и будут выглядеть примерно так, как показано на фиг. 2д. Устройство вычитания 10 вычитает отрицательные импульсы эхо-сигнала цели из задержанных линией задержки 9 положительных импульсов, после чего напряжение эхо-сигнала на выходе устройства вычитания 10 будет выглядеть примерно так, как показано на фиг.2е. То есть диоды 7, 8, линия задержки 9 и устройство вычитания 10 необходимы для объединения положительного и отрицательного импульсов эхо-сигнала в один импульс большей амплитуды, что повышает вероятность обнаружения цели и отношение сигнал/шум.

Использование второго отрицательного импульса зондирующего сигнала и задержка его на время  $t_3$  относительно первого положительного импульса необходимы для подавления пассивных помех от земли и увеличения эхо-сигнала цели. При этом пассивная помеха от второго

отрицательного зондирующего импульса подавляет пассивную помеху от первого положительного импульса, а эхо-сигнал цели не ослабляется, а увеличивается.

В предложенном устройстве принципиально необходимо использовать несинусоидальные импульсные сигналы наносекундной длительности  $\tau$ , так обычные радиоимпульсные сигналы имеют микросекундную длительность и не могут быть разрешены для прямых и отраженных от земли радиоволн.

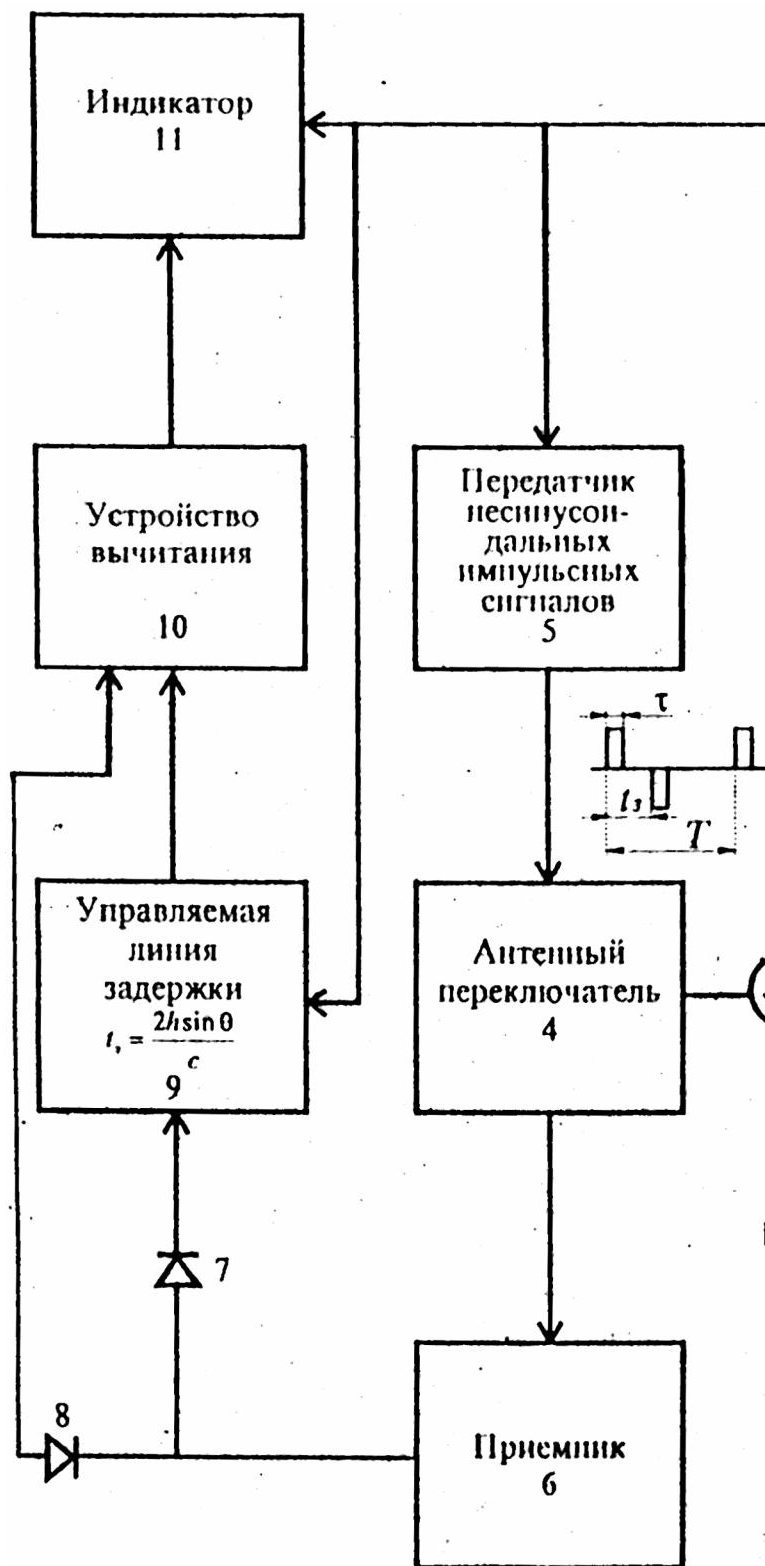
Таким образом, предложенное устройство может быть реализовано, а указанные выше отличительные признаки являются существенными и принципиально необходимы для реализации устройства.

Основные элементы предложенного устройства, показанные на структурной схеме фиг.1, выполнены следующим образом. Антенна 1, передатчик 5 и приемник 6 выполнены для излучения и приема несинусоидальных импульсных сигналов в виде видеоимпульсов длительностью 1нс и менее без несущей частоты, а форма зондирующего сигнала условно показана на фиг.2а. Физические основы и принципы построения таких систем известны и описаны в литературе. Антенный переключатель 4 закорачивает вход приемника во время передачи зондирующего импульса. Устройства качания антенны 2 с датчиком угла места 3 и индикатор 11 не отличаются от соответствующих устройств прототипа. Диоды 7, 8 и устройство вычитания 10 должны иметь очень широкую полосу пропускания порядка ГГц. Управляемая линия задержки 9 может быть выполнена в виде длинной линии, длину которой изменяют пропорционально  $\sin \theta$ , где  $\theta$  - угол наклона оси качающейся по углу места антенны. Требуемая длина такой линии сравнительно невелика, При этом отпадает необходимость использовать сложную и дорогую ультразвуковую линию задержки.

Динамика работы предложенного устройства осуществляется следующим образом. Антенну 1 качают по углу места  $\theta$ . Передатчик 5 формирует, а антенна 1 излучает несинусоидальный зондирующий сигнал в виде периодической последовательности пары разнополярных видеоимпульсов длительностью 1нс и менее без несущей частоты, время запаздывания которых друг относительно друга равно  $t_3$  и зависит от угла наклона оси антенны. Радиоволны от антенны до цели и обратно распространяются четырьмя указанными выше путями. В результате одному зондирующему импульсу будет соответствовать три импульса эхо-сигнала. Пассивная помеха от земли от второго отрицательного зондирующего импульса будет подавлять пассивную помеху от первого положительного зондирующего импульса. В результате на выходе приемника пассивные помехи от земли будут подавлены, а импульсы эхо-сигналов от первого и второго зондирующих импульсов частично сложатся. Широкополосные диоды 7, 8 разделяют положительные и отрицательные видеоимпульсы эхо-сигнала с выхода приемника 6. После этого положительные импульсы эхо-сигнала задерживаются линией задержки 9 на время  $t_3$ , а устройство вычитания 10 вычитает отрицательные импульсы из

задержанных положительных импульсов напряжения эхо-сигнала. Такое техническое решение позволяет совместить по времени положительный и отрицательный импульсы эхо-сигнала и сложить их амплитуды, что увеличивает амплитуду результирующего импульса на входе индикатора 11. Для работы предложенного устройства не требуется обязательного наличия доплеровского сдвига частоты составляющих спектра эхо-сигнала цели относительно составляющих спектра пассивной помехи от земли.

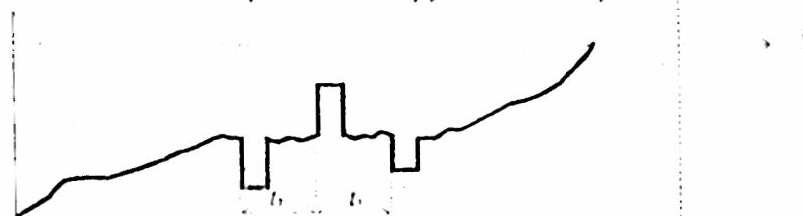
Таким образом, предложенное устройство обеспечивает обнаружение и измерение высоты малоскоростных и неподвижных воздушных целей на фоне обратных помеховых отражений от земли.



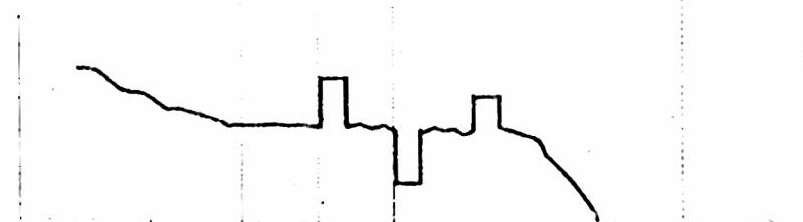
Фиг. 1



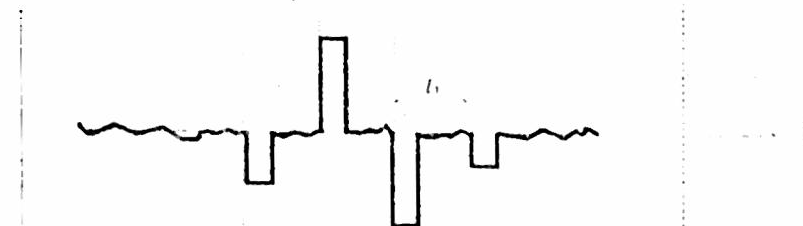
б) Помеха и сигнал от первого зондирующего импульса



в) Помеха и сигнал на выходе первой линии задержки



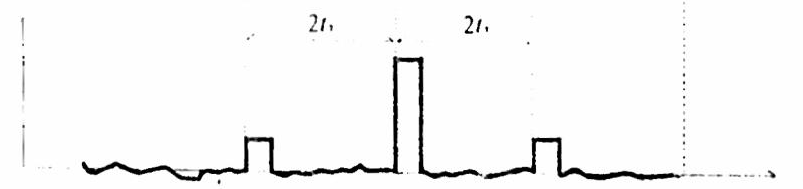
г) Эхо-сигналы на выходе приемника



д) Сигнал на выходе линии задержки



е) Сигнал на выходе устройства вычитания



Фиг. 2