ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **BY** (11) **13693**

(13) **U**

(45) **2025.04.05**

(51) МПК

G 01S 13/32 (2006.01)

(54) РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ ДАТЧИК ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЫСОТЫ ПОЛЕТА

(21) Номер заявки: u 20240134

(22) 2024.06.13

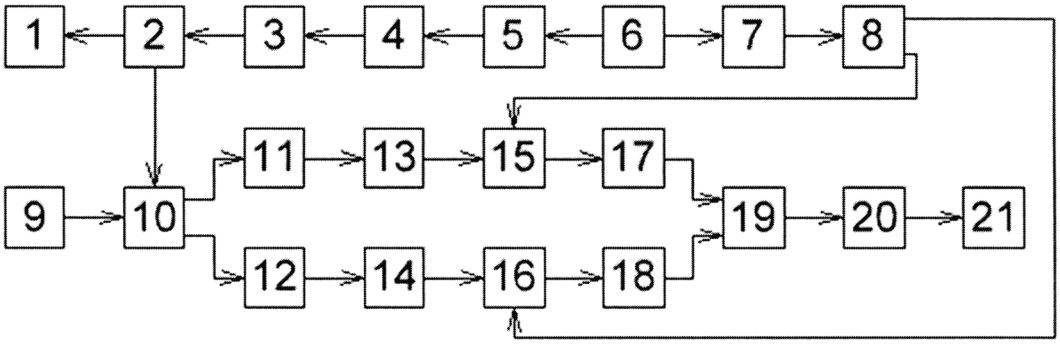
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (BY)

(72) Авторы: Забеньков Игорь Иванович; Гусинский Александр Владимирович; Солонович Сергей Сергеевич; Кондрашов Дмитрий Александрович (BY)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (BY)

(57)

Радиолокационный датчик достижения заданной высоты полета, содержащий передающую антенну, вход которой соединен с первым выходом СВЧ-генератора-модулятора, вход которого соединен с выходом генератора модулирующего сигнала, вход которого соединен с выходом первого делителя тактовой частоты, выход которого соединен с первым выходом генератора тактовой частоты, а второй его выход соединен с входом задержки, выход задержки соединен с входом второго делителя тактовой частоты, выход которого соединен с входом генератора копии разностного сигнала, а также приемную антенну, соединенную с первым входом квадратурного смесителя, а второй его вход соединен со вторым выходом СВЧ-генератора-модулятора, оба выхода квадратурного смесителя соединены с входами первого и второго фильтров нижних частот соответственно, а их выходы соединены с входами первого и второго усилителей-ограничителей соответственно, **отличающийся** тем, что выходы первого и второго усилителей-ограничителей соединены с первыми входами первого и второго синхронных детекторов, вторые входы первого и второго синхронных детекторов соединены с первым и вторым выходами генератора копии разностного сигнала соответственно, а выходы первого и второго синхронных детекторов соединены с входами первого и второго фильтров-интегра-



Фиг. 1

BY 13693 U 2025.04.05

торов соответственно, выходы которых соединены с первым и вторым входами сумматора соответственно, а выход сумматора соединен с входом пикового детектора, выход которого соединен с входом компаратора, выход которого является выходом устройства.

(56)
1. RU 2519952 C2, 2014.
2. RU 207967 U1, 2021.
3. СИЛЯКОВ В.А. и др. Системы авиационной радиосвязи. Под ред. В.А. Силякова. СПбГУАП, 2004, 160 с.

Полезная модель относится к области радиолокации и может быть использована в качестве радиовысотомера для летательных аппаратов, в которых необходимо зафиксировать достижение ими заданной высоты полета над водной или земной поверхностью.

Известен радиолокационный радиовысотомер с симметричным частотно-модулированным зондирующим сигналом [1], содержащий последовательно соединенные приемную антенну, смеситель, усилитель разностной частоты с автоматической регулировкой усиления, частотный дискриминатор, блок цифрового управления скоростью перестройки частоты передатчика, модулятор, передатчик частотно-модулированного сигнала и передающую антенну, генератор тактовых импульсов, выход которого соединен со вторым входом частотного дискриминатора, второй выход передатчика частотно-модулированного сигнала соединен со вторым входом смесителя, отличающийся тем, что в него введен блок контроля, управления и расчета высоты, вход которого соединен с выходом блока цифрового управления скоростью перестройки частоты передатчика, при этом усилитель разностной частоты и дискриминатор выполнены управляемыми, а их управляющие входы соединены соответственно с первым и вторым выходами блока контроля, управления и расчета высоты.

Недостатками данного радиовысотомера являются низкие разрешающая способность, чувствительность и точность измерения высоты.

В качестве прототипа выбран радиолокационный радиовысотомер с частотно-модулированным зондирующим сигналом и фазовой автоподстройкой опорного сигнала [2], содержащий последовательно соединенные приемную антенну, малошумящий усилитель, смеситель синфазного канала, аналого-цифровой преобразователь синфазного канала; последовательно соединенные модулятор, генератор, управляемый напряжением, усилитель мощности, направленный ответвитель, передающую антенну, а также последовательно соединенные фазовращатель, смеситель квадратурного канала, аналого-цифровой преобразователь квадратурного канала, причем второй выход направленного ответвителя соединен со вторым входом смесителя синфазного канала и с входом фазовращателя, а второй вход смесителя квадратурного канала соединен с выходом малошумящего усилителя, дополнительно содержащий последовательно соединенные комплексный умножитель, фазовый преобразователь, усредняющий сумматор, петлевой фильтр, генератор опорного сигнала, причем первый и второй входы комплексного умножителя соединены соответственно с выходами аналого-цифровых преобразователей синфазного и квадратурного каналов, его третий и четвертый входы - соответственно с первым и вторым выходами генератора опорного сигнала, а его первый и второй выходы соединены соответственно с первым и вторым входами фазового преобразователя, выход петлевого фильтра является выходом устройства.

Недостатки радиовысотомера - низкие разрешающая способность и чувствительность.

Технической задачей, на решение которой направлена заявленная полезная модель, является введение функции фиксации заданной высоты полета над водной или земной по-

верхностью, повышение разрешающей способности и точности измерения высоты, улучшение чувствительности и надежности срабатывания.

Решение поставленной задачи достигается тем, что предложенное устройство, содержащее передающую антенну, вход которой соединен с первым выходом СВЧ-генератора-модулятора, вход которого соединен с выходом генератора модулирующего сигнала, вход которого соединен с выходом первого делителя тактовой частоты, выход которого соединен с первым выходом генератора тактовой частоты, а второй его выход соединен с входом задержки, выход задержки соединен с входом второго делителя тактовой частоты, выход которого соединен с входом генератора копии разностного сигнала, а также приемную антенну, соединенную с первым входом квадратурного смесителя, а второй его вход соединен со вторым выходом СВЧ-генератора-модулятора, оба выхода квадратурного смесителя соединены с входами первого и второго фильтров нижних частот соответственно, а их выходы соединены со входами первого и второго усилителей-ограничителей соответственно, отличается тем, что выходы первого и второго усилителей-ограничителей соединены с первыми входами первого и второго синхронных детекторов, вторые входы первого и второго синхронных детекторов соединены первым и вторым выходами генератора копии разностного сигнала соответственно, а выходы первого и второго синхронных детекторов соединены с входами первого и второго фильтров-интеграторов соответственно, выходы которых соединены с первым и вторым входами сумматора соответственно, а выход сумматора соединен с входом пикового детектора, выход которого соединен с входом компаратора, выход которого является выходом устройства.

На фиг. 1 представлена структурная схема радиовысотомера.

На фиг. 2 представлен разностный сигнал после обработки фильтрами нижних частот.

На фиг. 3 представлен разностный сигнал после обработки усилителями-ограничителями.

На фиг. 4 показаны эпюры напряжения на выходе первого усилителя-ограничителя (а), эпюры напряжения на выходе генератора копии разностного сигнала (б), эпюры напряжения на выходе первого синхронного детектора (в).

На фиг. 5 показаны эпюры напряжения на выходе второго усилителя-ограничителя (а), эпюры напряжения на выходе второго синхронного детектора (б).

На фиг. 6 показаны эпюры напряжения на выходе сумматора (а), эпюры напряжения на выходе пикового детектора (б).

На фиг. 1 представлена структурная схема радиовысотомера, содержащего последовательно соединенные передающую антенну (1), СВЧ-генератор-модулятор (2), генератор модулирующего сигнала (3), первый делитель тактовой частоты (4), генератор тактовых импульсов (5), задержку (6), второй делитель тактовой частоты (7), генератор копии разностного сигнала (8), последовательно соединенные приемную антенну (9) и квадратурный смеситель (10), первый и второй фильтры нижних частот (11 и 12), первый и второй усилители-ограничители (13 и 14), первый и второй синхронные детекторы (15 и 16), первый и второй фильтры-интеграторы (17 и 18), сумматор (19), пиковый детектор (20) и компаратор (21), являющийся выходом устройства.

Последовательность работы радиолокационного датчика достижения заданной высоты полета состоит в следующем. Передающая антенна (1) излучает направленный на поверхность узкий радиолуч, сформированный собственно самой передающей антенной, СВЧ-генератором-модулятором (2) совместно с генератором модулирующего сигнала (3) формируется линейный симметричный частотно-модулируемый СВЧ-радиосигнал, управляемый импульсами, полученными после делителя тактовой частоты (4), сигнал на который подается с генератора тактовых импульсов (5).

Радиоволна, отраженная от земной или водной поверхности, улавливается приемной антенной (9), преобразуется в электрический радиосигнал и поступает на квадратурный смеситель (10), на гетеродинный вход которого подается опорный радиосигнал со второго

выхода СВЧ-генератора-модулятора (2). При этом частота опорного сигнала опережает частоту принятого отраженного от поверхности радиосигнала на время, равное времени запаздывания сигнала, излученного передающей антенной (1). Квадратурный смеситель (10) имеет внутреннюю опцию сдвига фазы опорного радиосигнала на 90º, что позволяет первому и второму фильтрам нижних частот (11 и 12) на выходе выделить два сложных разностных сигнала, имеющих такой же фазовый сдвиг между собой. Один из разностных сигналов показан на фиг. 2.

Далее оба разностных сигнала подвергаются обработке в первом и втором усилителях-ограничителях (13 и 14). Временная форма одного из них показана на фиг. 3. Далее оба ограниченных квадратурных сигнала поступают на первый и второй синхронные детекторы (15 и 16), нечувствительные к фазе полезного сигнала, которая образуется в СВЧ-радиосигнале при движении объекта и переходит на оба разностных сигнала.

Основной сущностью определения заданной высоты полета объекта над поверхностью является свойство однозначности соответствия любой высоты полета временной форме (осциллограмме) разностного сигнала (фиг. 2), сформированного в рассматриваемом радиолокационном датчике.

Особенностью настоящей полезной модели является использование синхронного детектора, нечувствительного к фазе полезного сигнала. Известный синхронный детектор [3, с. 74-76] обладает свойством срабатывания при точном совпадении частоты и фазы опорного сигнала с частотой и фазой детектируемого полезного сигнала. Однако при высокой скорости движения объекта в значительной мере проявляются инерционные свойства первого и второго фильтров-интеграторов, что не позволяет выявить полезный эффект детектирования из-за его кратковременного нарастания при быстром изменении фазы полезного сигнала, вызываемого быстрым изменением высоты полета объекта.

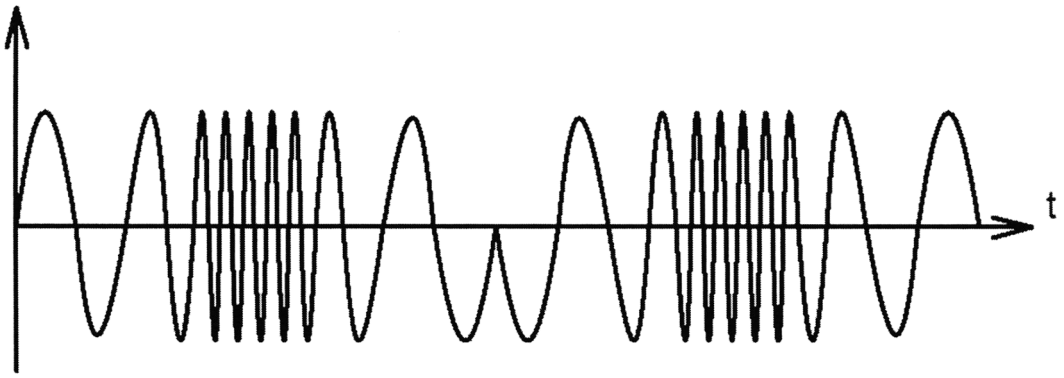
Используемый синхронный детектор, нечувствительный к фазе полезного сигнала, имеет два канала обработки разностных сигналов, которые содержат первый и второй синхронные детекторы (15 и 16), на сигнальные входы которых подаются усиленные и ограниченные в первом и втором усилителях-ограничителях (13 и 14) разностные сигналы, сдвинутые по фазе между собой на 90º. Временная форма напряжения одного их них показана на фиг. 3.

На опорные входы первого и второго синхронных детекторов (15 и 16) от генератора копии разностного сигнала (8) подаются сигналы, не имеющие фазового сдвига между собой.

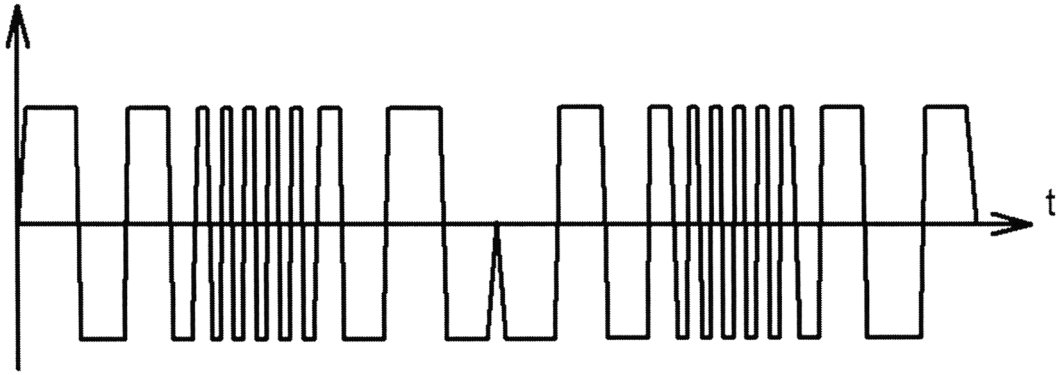
На фиг. 4 показаны: а) эпюры напряжения на выходе первого усилителя-ограничителя; б) эпюры напряжения на выходе генератора копии разностного сигнала; в) эпюры напряжения на выходе первого синхронного детектора. На фиг. 5 показаны: а) эпюры напряжения на выходе второго усилителя-ограничителя; б) эпюры напряжения на выходе второго синхронного детектора. На фиг. 6 показаны: а) эпюры напряжения на выходе сумматора; б) эпюры напряжения на выходе пикового детектора.

Первый и второй фильтры-интеграторы (17 и 18) осуществляют фильтрацию сигналов от высших гармонических составляющих и выделяют на выходе напряжения, пропорциональные площади импульсов, показанных на фиг. 4, в и 5, в. В сумматоре (19) происходит суммирование обоих интегрированных импульсов от фильтров-интеграторов (17 и 18), после которых пиковый детектор (20) выделяет напряжение их огибающей, которое сравнивается с пороговой величиной в компараторе (21). Превышение заданной пороговой величины вызывает срабатывание датчика достижения заданной высоты.

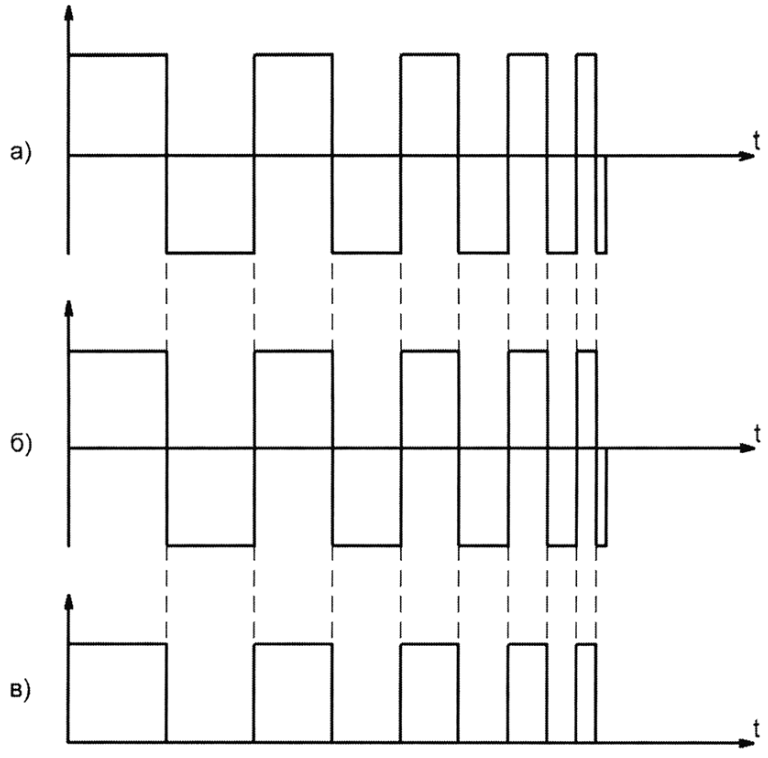
Дальнейшее изменение фазы за счет изменения высоты объекта приводит к изменению частоты разностного сигнала и несовпадению его с частотой напряжения от генератора копии разностного сигнала, соответствующего заданной высоте, и приводит к снижению напряжения на выходе пикового детектора (20) ниже пороговой величины.



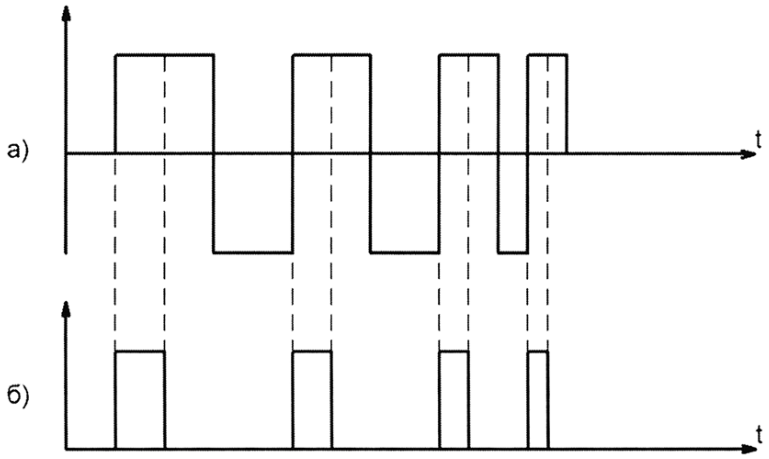
Фиг. 2



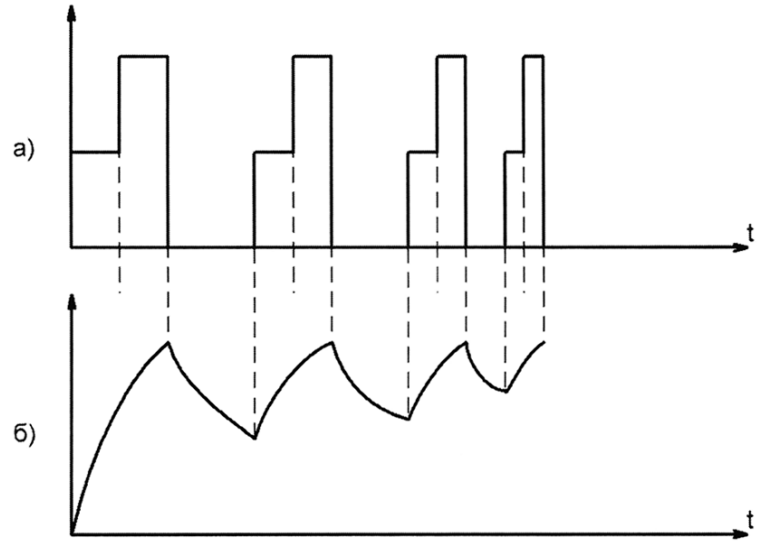
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Национальный центр интеллектуальной собственности.
220034, г. Минск, ул. Козлова, 20.