

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 859 125** (13) **C1**

(51) МПК

[G01S 7/28 \(2006.01\)](#)[G01S 13/10 \(2006.01\)](#)[G01S 13/34 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.04.2026)
 Пошлина: учтена за 5 год с 20.08.2029 по 19.08.2030. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 20.08.2029 по 19.08.2030. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 20.08.2030 по 19.02.2031 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты
пошлины за поддержание
патента в силе

(52) СПК

G01S 7/28 (2026.01); G01S 7/282 (2026.01); G01S 13/10 (2026.01); G01S 13/106 (2026.01); G01S 13/34 (2026.01); G01S 13/348 (2026.01)

(21)(22) Заявка: [2025122989](#), 19.08.2025(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.08.2025Дата регистрации:
30.03.2026Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 19.08.2025(45) Опубликовано: [30.03.2026](#) Бюл. № [10](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2087922 C1, 20.08.1997. RU 2755518 C1, 16.09.2021. RU 2687286 C1, 13.05.2019. RU 235242 U1, 25.06.2025. RU 2236694 C1, 20.09.2004. EP 1934627 A1, 25.06.2008. US 3155970 A, 03.11.1964.**

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП

(72) Автор(ы):

**Знатдинов Сергей Ильич (RU),
Красильникова Ольга Ивановна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

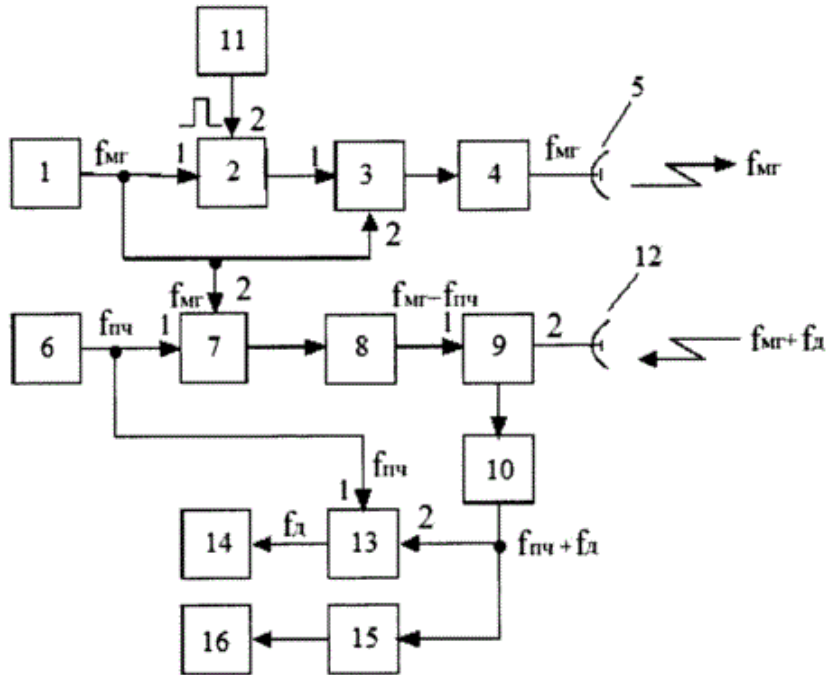
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Непрерывно-импульсная РЛС

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиолокационной технике и может быть использовано для обнаружения и измерения параметров объектов. Техническим результатом является улучшение технических характеристик РЛС, а именно возможность с высокой точностью одновременно измерять дальность и скорость объекта и обеспечение высокой разрешающей способности по дальности и скорости. Заявленная непрерывно-импульсная РЛС содержит дополнительные блоки: последовательно соединенные модулятор и сумматор, а также синхронизатор, выход которого соединен со вторым входом модулятора, что позволяет сформировать зондирующий сигнал непрерывно-импульсной РЛС в виде суммы непрерывного и импульсного СВЧ колебаний большой скважности. При этом непрерывный зондирующий сигнал обеспечивает высокую точность измерения скорости объекта и разрешение по скорости, а импульсный сигнал - высокую точность измерения

дальности до объекта и разрешение по дальности. 4 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к радиолокационной технике и может быть использовано для обнаружения и измерения параметров объектов.

Известна РЛС с непрерывным излучением [М.И. Финкельштейн. Основы радиолокации. М: Советское радио. 1973, рис. 2.2.1].

Устройство включает в себя генератор непрерывного сверхвысокочастотного (СВЧ) колебания, переключатель приема-передачи, антенну, смеситель, усилитель доплеровской частоты и индикатор. Выход генератора непрерывного СВЧ колебания подключен к входу переключателя приема-передачи, выход которого соединен с антенной; выход переключателя приема-передачи соединен с входом смесителя; выход смесителя соединен с входом усилителя доплеровской частоты, выход которого соединен с входом индикатора.

Недостатком известного устройства являются невозможность измерения дальности до объекта и отсутствие разрешающей способности по дальности.

Известна РЛС с импульсным излучением в режиме большой скважности [М.И. Финкельштейн. Основы радиолокации. М.: Советское радио. 1973, рис. 1.1.1].

Устройство включает в себя генератор импульсного СВЧ колебания, переключатель приема-передачи, антенну, приемник и оконечное устройство. Выход генератора импульсного СВЧ колебания подключен к входу переключателя приема-передачи, выход которого соединен с антенной; выход переключателя приема-передачи соединен с входом приемника, выход которого соединен с входом оконечного устройства.

Недостатком известного устройства являются низкая точность измерения скорости объекта и низкая разрешающая способность по скорости.

Наиболее близкой к заявляемому устройству является доплеровская РЛС [М.И. Финкельштейн. Основы радиолокации. М.: Советское радио. 1973, рис. 2.2.2].

Устройство состоит из когерентного гетеродина, местного гетеродина (генератора непрерывного СВЧ колебания), первого смесителя, усилителя мощности, передающей антенны, приемной антенны, второго смесителя, фильтра боковой полосы, усилителя промежуточной частоты, фазового детектора, индикатора скорости; выход когерентного гетеродина одновременно соединен с первым входом первого смесителя и первым входом фазового детектора; выход местного гетеродина одновременно соединен с входом усилителя мощности и вторым входом первого смесителя; выход усилителя мощности соединен входом передающей антенны; выход первого смесителя соединен с входом фильтра боковой полосы, выход которого соединен с первым входом второго смесителя; выход приемной антенны соединен с вторым входом второго смесителя; выход которого соединен с входом усилителя промежуточной частоты; выход усилителя промежуточной частоты соединен с входом индикатора скорости.

Недостатком известного устройства являются невозможность измерения дальности до объекта.

Задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, состоит в разработке РЛС, обеспечивающей одновременное измерение дальности и скорости объекта с высокой разрешающей способностью по дальности и скорости.

Техническим результатом, достигаемым при осуществлении заявляемого изобретения, является улучшение технических характеристик РЛС, а именно возможность с высокой точностью одновременно измерять дальность и скорость объекта и обеспечение высокой разрешающей способности по дальности и скорости.

Технический результат достигается тем, что непрерывно-импульсная РЛС содержащая местный гетеродин, приемную антенну, последовательно соединенные усилитель мощности и передающую антенну, а также последовательно соединенные когерентный гетеродин, первый смеситель, фильтр боковой полосы, второй смеситель и усилитель промежуточной частоты, последовательно соединенные фазовый детектор и индикатор скорости, при этом выход приемной антенны соединен со вторым входом второго смесителя, выход когерентного гетеродина соединен с первым входом фазового детектора, второй вход которого соединен с выходом усилителя промежуточной частоты 10 дополнительно содержит последовательно соединенные амплитудный детектор 15 и индикатор дальности 16, при этом выход усилителя промежуточной частоты 10 соединен со входом амплитудного детектора 15, также дополнительно содержит последовательно соединенные модулятор 2 и сумматор 3, а также синхронизатор 11, выход которого соединен со вторым входом модулятора 2, при этом выход местного гетеродина 1 одновременно соединен с первым входом модулятора 2, вторым входом первого смесителя 7 и вторым входом сумматора 3, выход которого соединен со входом усилителя мощности 4.

Технический результат достигается за счет введения дополнительных блоков и связей между ними, что позволяет сформировать зондирующий сигнал непрерывно-импульсной РЛС в виде суммы непрерывного и импульсного СВЧ колебаний большой скважности. При этом непрерывный зондирующий сигнал обеспечивает высокие точность измерения скорости объекта и разрешение по скорости, а импульсный сигнал - высокие точность измерения дальности до объекта и разрешение по дальности.

Сущность заявляемого изобретения поясняется чертежом, представленным на фиг. 1, где введены следующие обозначения:

1. местный гетеродин;
2. модулятор;
3. сумматор;
4. усилитель мощности;
5. передающая антенна;
6. когерентный гетеродин;
7. первый смеситель;
8. фильтр боковой полосы;
9. второй смеситель;
10. усилитель промежуточной частоты;
11. синхронизатор;
12. приемная антенна;
13. фазовый детектор;
14. индикатор скорости;
15. амплитудный детектор;
16. индикатор дальности.

Непрерывно-импульсная РЛС состоит из последовательно соединенных местного гетеродина 1, модулятора 2, сумматора 3, усилителя мощности 4 и передающей антенны 5, последовательно соединенных когерентного гетеродина 6, первого смесителя 7, фильтра боковой полосы 8, второго смесителя 9 и усилителя промежуточной частоты 10, а также синхронизатора 11, выход которого соединен со вторым входом модулятора 2, приемной антенны 12, выход которой соединен со вторым входом второго смесителя 9, при этом выход местного гетеродина 1 также соединен со вторыми входами первого смесителя 7 и сумматора 3, также устройство содержит последовательно соединенные фазовый детектор 13 и индикатор скорости 14, последовательно соединенные амплитудный детектор 15 и индикатор дальности 16, при этом выход когерентного гетеродина 6 соединен с первым входом фазового детектора 13, а выход усилителя промежуточной частоты 10 одновременно соединен со вторым входом фазового детектора 13 и входом амплитудного детектора 15.

В качестве местного гетеродина 1 и усилителя мощности 4 можно использовать клистрон КИУ93 в непрерывном режиме, в качестве модулятора 2 - СВЧ ключ SP4T, в качестве сумматора 3 - СВЧ сумматор QRD2, в качестве синхронизатора 11 - автогенератор импульсов (В.Л. Шило. Популярныe цифровые микросхемы. М.: Радио и связь. 1988), в качестве передающей 5 и приемной 12 антенн - параболические зеркальные антенны, в качестве когерентного гетеродина 6 - кварцевый генератор (В.Л. Шило. Популярныe цифровые микросхемы. М.: Радио и связь. 1988), в качестве первого 7 и второго 9 смесителей - смеситель для РЛС ГК2.206.072 и балансный модулятор, в качестве фильтра боковой полосы 8 - полосовой фильтр для РЛС АМДФ 4800-5800 МГц, в качестве усилителя промежуточной частоты 10 - усилитель с настроенными на промежуточную частоту полосовыми фильтрами, в качестве фазового детектора 13 - балансный модулятор, в качестве амплитудного детектора 15 - двух полупериодный выпрямитель с фильтром нижних частот, в качестве индикатора скорости 14 - блок из параллельно включенных узкополосных доплеровских фильтров, в качестве индикатора дальности 16 - жидкокристаллический или электронно-лучевой мониторы.

Непрерывно-импульсная РЛС работает следующим образом. Местный гетеродин 1 вырабатывает непрерывный гармонический сигнал (фиг. 2а), которое одновременно поступает на первый вход модулятора 2 и второй вход сумматора 3. С выхода синхронизатора 11 на второй вход модулятора 2 подается периодическая последовательность коротких прямоугольных видеоимпульсов длительностью $\tau_{и}$ с периодом следования T (фиг. 2б). В результате на выходе модулятора 2 вырабатывается периодическая последовательность СВЧ импульсов (фиг. 2в), длительность которых $\tau_{и}$ будет определять точность измерения дальности до объекта и разрешающую способность РЛС по дальности, а период следования T - рабочую дальность действия РЛС. Далее СВЧ импульсы в сумматоре 3 суммируются с непрерывным напряжением местного гетеродина 1 (фиг. 2г) и через усилитель мощности 4 аддитивная смесь непрерывного и импульсного напряжения поступает в передающую антенну 5 и излучается в пространство на частоте $f_{мг}$, например, 5 ГГц.

На фиг. 3 представлен зондирующий и отраженный сигнал от двух объектов, находящихся на разных расстояниях от РЛС. При этом на фиг. 3а изображен зондирующий сигнал, на фиг. 3б - отраженный СВЧ сигнал.

Одновременно непрерывное напряжение когерентного гетеродина 6 с частотой $f_{пч}$ ($f_{пч}$ - промежуточная частота, равная, например, 30 МГц) подается на первый вход первого смесителя 7, на второй вход которого поступает напряжения местного гетеродина 1 с частотой $f_{мг}$. Фильтром боковой полосы 8 из выходного напряжения первого смесителя 7 выделяется непрерывное напряжение разностной частоты $f_{мг} - f_{пч}$, которое поступает на первый вход второго смесителя 9. На второй вход второго смесителя с выхода приемной антенны 12 подается отраженный сигнал с частотой $f_{мг} + f_{д}$, где $f_{д}$ - частота Доплера сигнала, отраженного движущимся объектом.

Далее усилителем промежуточной частоты 10 из выходного напряжения второго смесителя 9 выделяется отраженный сигнал на частоте $f_{пч} + f_{д}$, который поступает одновременно на второй вход фазового детектора 13 и на вход амплитудного детектора 15. Одновременно на первый вход фазового детектора 13 подается непрерывное напряжение когерентного гетеродина 6 с частотой $f_{пч}$. В результате на выходе фазового детектора 13 появляется отраженный сигнал с частотой $f_{д}$, который поступает в индикатор скорости 16. На фиг. 4 показаны амплитудно-частотные характеристики блока фильтров индикатора скорости 14. Значениям частот Доплера $f_{д1} \dots f_{дп}$ однозначно соответствуют радиальные скорости движения объекта $V_{р1} \dots V_{рп}$, что позволяет по выходному сигналу пороговых устройств оценить значение радиальной скорости объекта.

Для одновременного измерения дальности до объекта выходной сигнал усилителя промежуточной частоты 10 детектируется амплитудным детектором 15 и затем подается в индикатор дальности 16. На фиг. 3в показан выходной сигнал амплитудного детектора 15 с учетом подавления постоянной составляющей (для случая равенства скоростей движения двух объектов).

Оценка дальности в индикаторе дальности 16 осуществляется путем непосредственного измерения времени задержки принимаемых импульсных сигналов одним из известных методов: считывается с экрана монитора, с использованием систем автоматического сопровождения по дальности и т.д.

Из представленных временных реализаций видно, что использование для зондирования пространства суммы последовательности коротких СВЧ импульсов в режиме большой скважности и непрерывного напряжения позволяет решить задачи точного измерения дальности и скорости и разрешения по дальности и скорости нескольких объектов.

Непрерывный зондирующий сигнал обеспечивает высокую точность измерения скорости объектов путем оценки их частоты Доплера и высокое разрешение по скорости. При этом при длительности периода следования коротких СВЧ импульсов, например, $T=1$ мс и длительности СВЧ импульса $\tau_{\text{и}}=1$ мкс влияние импульсного сигнала на оценку скорости практически отсутствует.

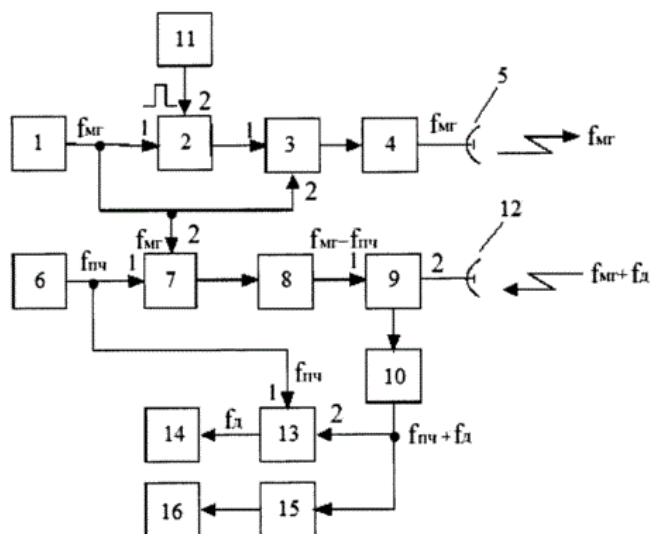
В результате предложенное устройство позволяет сформировать зондирующий сигнал непрерывно-импульсной РЛС в виде суммы непрерывного и импульсного СВЧ колебаний. При этом непрерывный зондирующий сигнал обеспечивает высокие точность измерения скорости объекта и разрешение по скорости, а импульсный сигнал большой скважности - высокие точность измерения дальности до объекта и разрешение по дальности.

Увеличение точности измерения дальности и скорости объекта с одновременным обеспечением высокой разрешающей способности по дальности и скорости достигается путем зондирования пространства сигналом в виде суммы непрерывного колебания и импульсного СВЧ колебания большой скважности.

Сопоставление параметров, характеризующих заявляемое устройство и прототип, позволяет сделать вывод о том, что заявляемое устройство обеспечивает более высокие точность измерения дальности и скорости объекта и разрешающей способности по дальности и скорости.

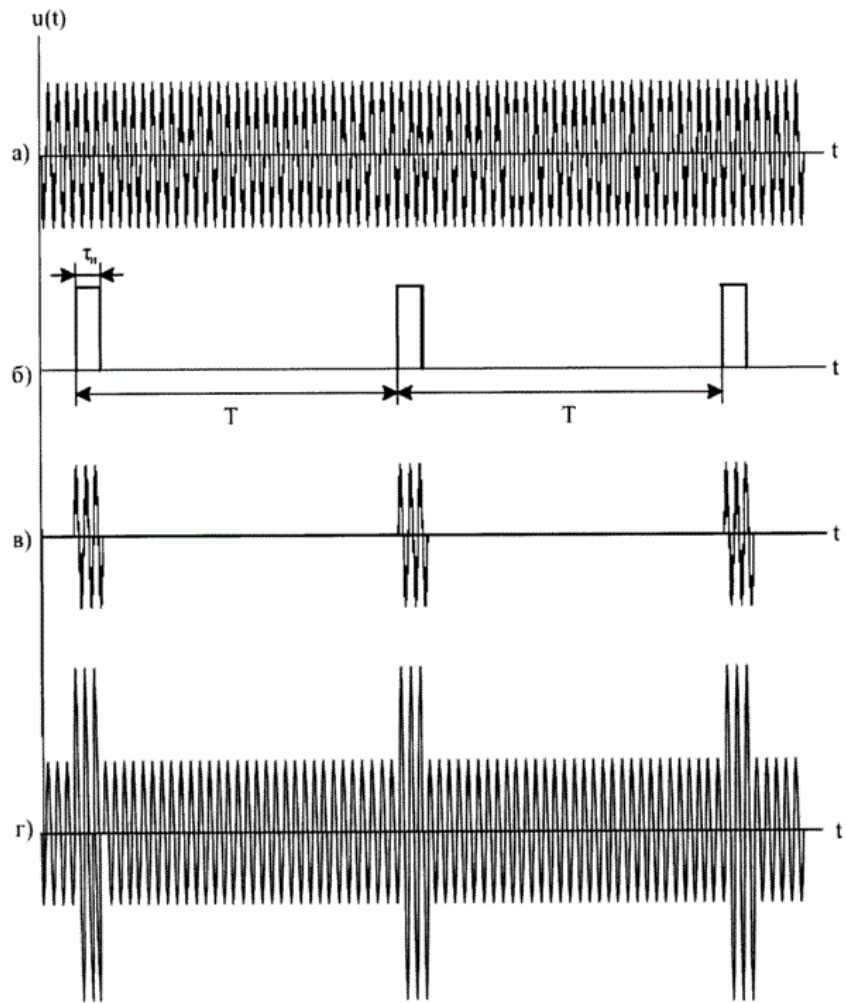
Формула изобретения

Непрерывно-импульсная радиолокационная станция (РЛС), содержащая местный гетеродин, приемную антенну, последовательно соединенные усилитель мощности и передающую антенну, а также последовательно соединенные когерентный гетеродин, первый смеситель, фильтр боковой полосы, второй смеситель и усилитель промежуточной частоты, последовательно соединенные фазовый детектор и индикатор скорости, при этом выход приемной антенны соединен со вторым входом второго смесителя, выход когерентного гетеродина соединен с первым входом фазового детектора, второй вход которого соединен с выходом усилителя промежуточной частоты, отличающаяся тем, что дополнительно содержит последовательно соединенные амплитудный детектор и индикатор дальности, при этом выход усилителя промежуточной частоты соединен со входом амплитудного детектора, также дополнительно содержит последовательно соединенные модулятор и сумматор, а также синхронизатор, выход которого соединен со вторым входом модулятора, при этом выход местного гетеродина одновременно соединен с первым входом модулятора, вторым входом первого смесителя и вторым входом сумматора, выход которого соединен со входом усилителя мощности.

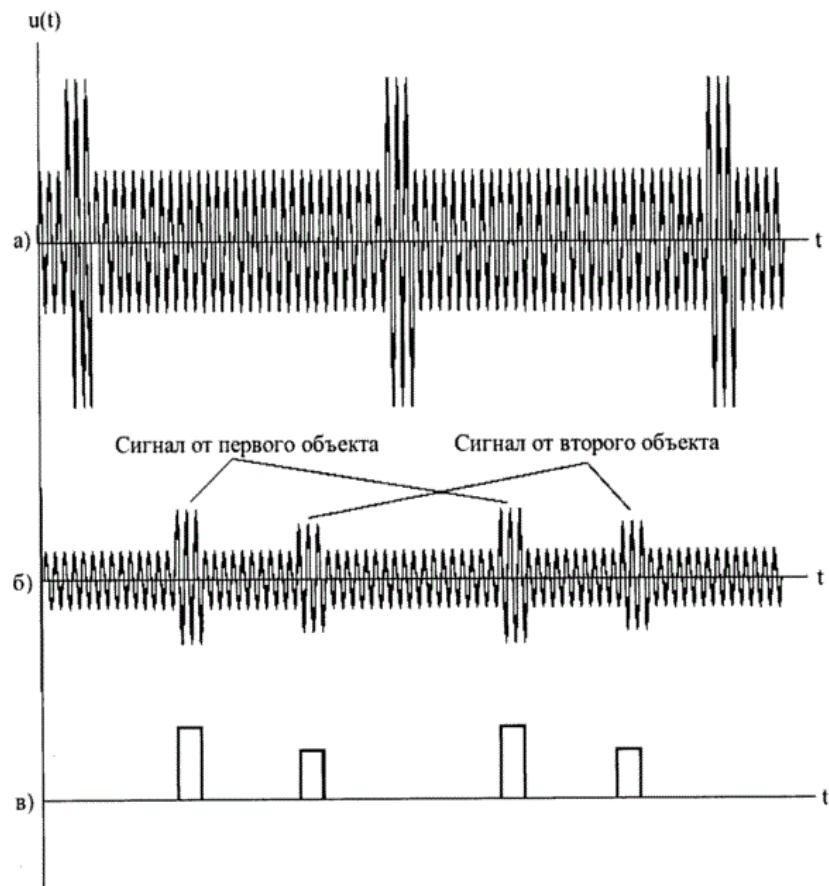


1. местный гетеродин; 2. модулятор; 3. сумматор; 4. усилитель мощности; 5. передающая антенна; 6. когерентный гетеродин; 7. первый смеситель; 8. фильтр боковой полосы; 9. второй смеситель; 10. усилитель промежуточной частоты; 11. синхронизатор; 12. приемная антенна; 13. фазовый детектор; 14. индикатор скорости; 15. амплитудный детектор; 16. индикатор дальности.

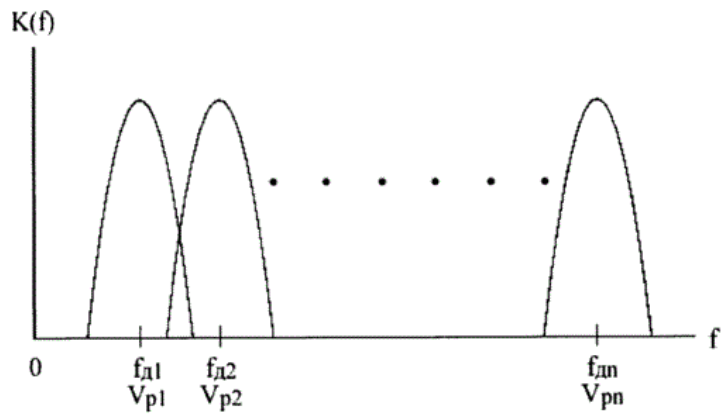
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4