



(19) RU (11) 2 236 694 (13) C1
(51) МПК⁷ G 01 S 13/58, 13/36, 13/524

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

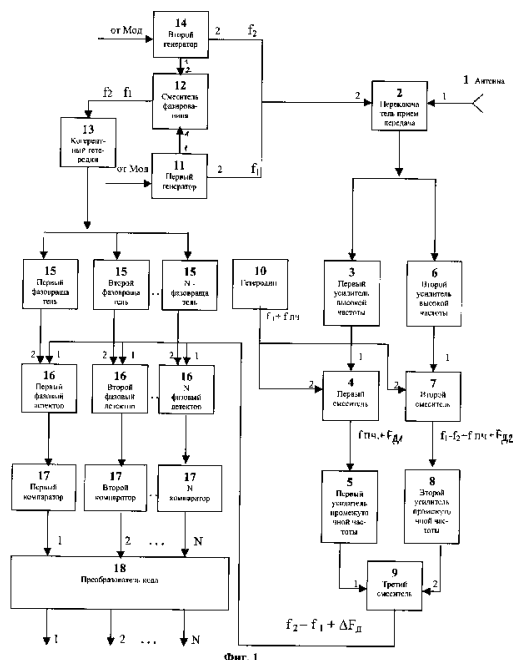
(21), (22) Заявка: 2003122568/09, 17.07.2003
(24) Дата начала действия патента: 17.07.2003
(46) Дата публикации: 20.09.2004
(56) Ссылки: Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. - М.: Радио и связь, 1986, с.34, 63. RU 2158937 C2, 10.11.2000. RU 2127437 C1, 10.03.1999. RU 2018864 C1, 30.08.1994. RU 2123709 C1, 20.12.1998. US 3704465, 28.11.1972. US 4439766, 27.03.1984. US 4292635, 29.09.1981. US 4488154, 11.12.1984. US 4806935, 21.02.1989.
(98) Адрес для переписки:
140180, Московская обл., г. Жуковский, ул. Гагарина, 3, ОАО "НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова"

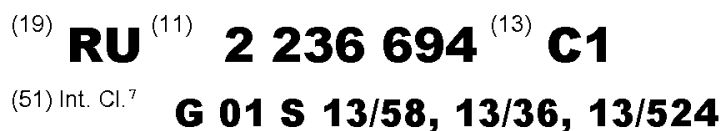
(72) Изобретатель: Архипов А.И. (RU)
(73) Патентообладатель:
ОАО "НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова" (RU)

(54) РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ЦЕЛИ

(57) Реферат:

Заявляемое изобретение относится к радиолокационной технике, в частности к радиолокационным станциям для определения координат целей. Достижимый технический результат - повышение быстродействия радиолокационной станции для определения радиальной скорости цели. Радиолокационная станция для измерения радиальной скорости цели содержит антенну (1), переключатель прием-передача (2), генераторы (11,14), гетеродин (10), усилители высокой частоты (3,6), смесители (4,7,9), усилители промежуточной частоты (5,8), смеситель фазирования (12), фазовые детекторы (16₁-16_N), когерентный гетеродин (13), фазовращатели (15₁-15_N), компараторы (17₁-17_N), преобразователь кода (18). 2 ил., 1 табл.



(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(72) Inventor: Arkhipov A.I. (RU)

(73) Proprietor:
OAO "NII Priborostroenija im. V.V.
Tikhomirova" (RU)

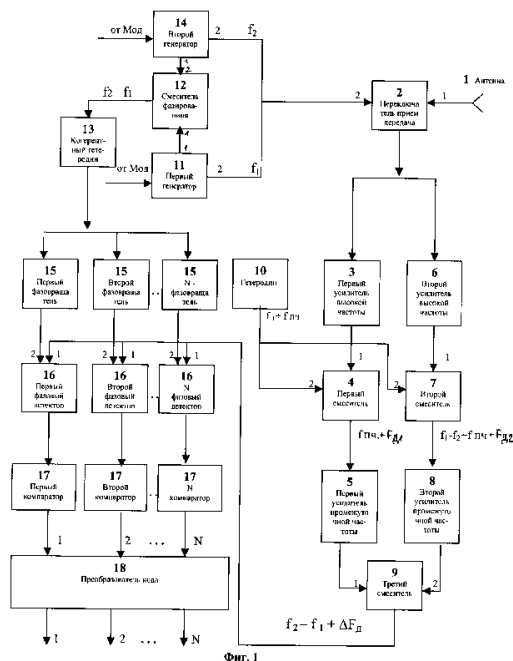
(98) Mail address:
140180, Moskovskaja obl., g. Zhukovskij, ul.
Gagarina, 3, OAO "NII Priborostroenija im.
V.V. Tikhomirova"

(57) Abstract:

FIELD: radio-locating equipment engineering.
SUBSTANCE: device has antenna 1, receiving-transferring switch 2, generators 11,14, heterodyne 10, high frequency amplifiers 3,6, mixers 4,7,9, intermediate frequency amplifiers 5,8, phasing mixer 12, phase detectors 16₁-16_N, coherent heterodyne 13, phase rotators 15₁-15_N, comparators 17₁-17_N, code converter 18.

EFFECT: higher speed of radio-locating station for determining radial speed of target.

2 dwg



Заявляемое изобретение относится к радиолокационной технике, в частности к радиолокационным станциям для определения координат целей.

Известно устройство для измерения скорости цели [Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей - М.: Радио и связь, 1986, - 34 с.], содержащее последовательно соединенные генератор радиочастоты, детектор, фильтр доплеровских частот и индикатор, второй вход генератора радиочастоты соединен с передающей антенной, второй вход детектора соединен с приемной антенной.

Наиболее близкой по технической сущности является радиолокационная станция для измерения радиальной скорости цели, выбранная в качестве прототипа [Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей - М.: Радио и связь, 1986, - 63 с.], содержащая антенну, переключатель прием-передача, первый генератор, второй генератор, гетеродин, первый усилитель высокой частоты, второй усилитель высокой частоты, первый смеситель, второй смеситель, третий смеситель, первый усилитель промежуточной частоты, второй усилитель промежуточной частоты, смеситель фазирования, фазовый детектор и когерентный гетеродин, вход когерентного гетеродина подключен к выходу смесителя фазирования, первый вход которого соединен с первым выходом первого генератора, а второй вход смесителя фазирования подключен к первому выходу второго генератора, причем вторые выходы первого и второго генераторов объединены и подключены ко второму входу переключателя прием-передача, первый вход которого подключен к антенне, а выход к объединенным входам первого и второго усилителей высокой частоты, выход первого усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным первому смесителю, первому усилителю промежуточной частоты и первому входу третьего смесителя, выход второго усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным второму смесителю, второму усилителю промежуточной частоты и второму входу третьего смесителя, выход третьего смесителя подключен к сигнальному входу фазового детектора, выход когерентного гетеродина подключен к опорному входу фазового детектора. Выход гетеродина подключен ко вторым входам первого и второго смесителя.

При наличии движущейся цели доплеровская поправка на разностной частоте

$$F_d = 2V(f_2 - f_1)/C = 2V \Delta f / C$$

где $\Delta f = f_2 - f_1$ - скорость света;

f_1 и f_2 - несущие частоты.

Недостаток известной радиолокационной станции заключается в ее ограниченном быстродействии.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение быстродействия радиолокационной станции для определения радиальной скорости цели.

Заявленный технический результат достигается тем, что радиолокационная станция для измерения радиальной скорости цели содержит антенну, переключатель

прием-передача, первый генератор, второй генератор, гетеродин, первый усилитель высокой частоты, второй усилитель высокой частоты, первый смеситель, второй смеситель, третий смеситель, первый усилитель промежуточной частоты, второй усилитель промежуточной частоты, смеситель фазирования, первый фазовый детектор и когерентный гетеродин. Вход когерентного гетеродина подключен к выходу смесителя фазирования, первый вход которого соединен с первым выходом первого генератора, а второй вход смесителя фазирования подключен к первому выходу второго генератора, причем вторые выходы первого и второго генераторов объединены и подключены ко второму входу переключателя прием-передача, первый вход которого подключен к антенне, а выход к объединенным входам первого и второго усилителей высокой частоты. Выход первого усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным первому смесителю, первому усилителю промежуточной частоты и первому входу третьего смесителя, выход второго усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным второму смесителю, второму усилителю промежуточной частоты и второму входу третьего смесителя. Выход третьего смесителя подключен к первому входу первого фазового детектора. Выход гетеродина подключен ко вторым входам первого и второго смесителя.

Новыми признаками предлагаемой радиолокационной станции для измерения радиальной скорости цели является введение N-1 фазовых детекторов, N фазовращателей, N компараторов и преобразователя кода. Выход когерентного гетеродина соединен с объединенными входами N фазовращателей, выход каждого из которых подключен соответственно к второму входу каждого N фазового детектора, к первым входам каждого N-1 фазового детектора подключен выход третьего смесителя, выход каждого N фазового детектора соединен соответственно с входом каждого N компаратора, выходы каждого из которых подключены к каждому N входу преобразователя кода, выходы которого являются выходами радиолокационной станции для определения радиальной скорости цели.

На фиг.1 представлена схема радиолокационной станции (РЛС) для определения радиальной скорости цели.

На фиг.2 представлены эпюры, поясняющие работу устройства.

РЛС для измерения радиальной скорости содержит антенну 1, переключатель прием-передача 2, первый усилитель высокой частоты 3, первый смеситель 4, первый усилитель промежуточной частоты 5, второй усилитель высокой частоты 6, второй смеситель 7, второй усилитель промежуточной частоты 8, третий смеситель 9, гетеродин 10, первый генератор 11, смеситель фазирования 12, когерентный гетеродин 13, второй генератор 14, N фазовращателей 15, N фазовых детекторов 16, N компараторов 17, преобразователь кода 18.

Вход когерентного гетеродина 13 подключен к выходу смесителя фазирования

12, первый вход которого соединен с первым выходом первого генератора 11, а второй вход смесителя фазирования 12 подключен к первому выходу второго генератора 14, причем вторые выходы первого 11 и второго 14 генераторов объединены и подключены ко второму входу переключателя прием-передача 2, первый вход которого подключен к антенне 1, а выход к объединенным входам первого 3 и второго 6 усилителей высокой частоты. Выход первого 3 усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным первому смесителю 4, первому усилителю промежуточной частоты 5 и первому входу третьего смесителя 9, выход второго усилителя высокой частоты 6 подключен к последовательно соединенным второму смесителю 7, второму усилителю промежуточной частоты 8 и второму входу третьего смесителя 9, выход третьего смесителя 9 подключен к первому входу первого фазового детектора 16, выход когерентного гетеродина 13 соединен с объединенными входами N фазовращателей 15, выход каждого из которых подключен ко вторым входам соответственно каждого N фазового детектора 16, к первым входам каждого N-1 фазового детектора 16 подключен выход третьего смесителя 9, выход каждого N фазового детектора 16 соединен соответственно с входом каждого N компаратора 17, выходы которого подключены к каждому N входу преобразователя кода 18.

РЛС для определения радиальной скорости цели работает следующим образом.

Модуляция двух генераторов 11 и 14 осуществляется с помощью импульсов, поступающих из модулятора (на фиг.1 не показан), которые генерирует радиоимпульсы на несущих частотах f_1 и f_2 . Через антенно-волноводную систему, переключатель прием-передача 2, передающую антенну 1 импульсы излучаются в направлении цели. Отраженные от цели сигналы принимаются антенной 1 и через переключатель прием-передача 2 поступают на вход усилителей высокой частоты 3 и 6, в которых происходит их усиление. С помощью гетеродина 10, работающего на частоте $f_r = f_1 + f_{пч}$, принятые и усиленные в первом и втором усилителях высокой частоты 3 и 6 сигналы в первом смесителе 4 и втором смесителе 7 преобразуются в частоту $f_{пч} + f_{д1}$ в одном канале и в $f_{пч} + f_1 - f_2 + f_{д2}$ в другом канале соответственно. После усиления в первом усилителе промежуточной частоты 5 сигнал частотой $f_{пч}$ поступает на первый вход третьего смесителя, на второй вход которого поступает сигнал частотой $f_{пч} + f_1 - f_2 + f_{д2}$ с выхода второго усилителя промежуточной частоты 8.

С выхода третьего смесителя 9 сигнал разностной частоты $f_2 - f_1$, содержащий доплеровскую составляющую Δf_d , поступает на первые входы N фазовых детекторов 16. На вторые входы N фазовых детекторов 16 с выхода когерентного гетеродина 13 через фазовращатели 15 поступает опорный сигнал той же частоты $f_2 - f_1$. Фазирование когерентного гетеродина 13 осуществляется с помощью выходного напряжения смесителя фазирования 12, на первый вход которого

поступает сигнал с выхода первого генератора 11, а на второй вход сигнала с выхода второго генератора 14.

Таким образом, с N выходов фазовращателей 15 на входы фазовых детекторов 16 поступает гребенка (последовательность) опорных сигналов, каждый из которых имеет различный фазовый сдвиг. Сдвиг фазы в N фазовращателях 15 осуществляется в интервале $0-2\pi$ с дискретом сдвига фазы $\Delta\varphi = 2\pi(1-k)$, где k - коэффициент пропорциональности $0 \leq k \leq 1$.

На выходах N фазовых детекторов 16 формируется последовательность из N импульсных напряжений, величина каждого из которых пропорциональна произведению амплитуд входных сигналов и косинусу их разности фаз $\Delta\varphi$. Указанные импульсные напряжения поступают на входы N компараторов 17, которые реагируют только на полярность входного напряжения и формируют на выходе нормированные логические уровни 0 или 1. Затем последовательность логических уровней с их N выходов компараторов 17 поступает на N соответствующих входов преобразователя кода 18.

Для иллюстрации изложенного рассмотрим случай, когда квантование фазы производится на 4 уровня, т.е. когда $N=4$. При этом сдвиг фаз в первом фазовращателе 15 положим $\Delta\varphi = -\pi/2$, во втором $\Delta\varphi = -\pi/4$, в третьем $\Delta\varphi = 0$, в четвертом $\Delta\varphi = \pi/4$.

На фиг.2а-2г приведены эпюры напряжений на выходах фазовых детекторов 16 для двух реализаций принятых импульсов "1" и "2", отраженных от цели, движущейся с изменяющейся скоростью и имеющей соответственно различный фазовый набег φ_1 и φ_2 .

Как уже отмечалось, при положительном входном напряжении выходные напряжения компараторов соответствуют логическому нулю. Тогда на их выходах формируется параллельный четырехразрядный двоичный код числа, соответствующий разности фаз принимаемых импульсов.

Так, для импульсов "1", соответствующих скорости цели V_1 , имеющих фазовый набег φ_1 , пропорциональный разности доплеровских частот Δf_d , значение кода будет 0000, для импульсов "2", соответствующих скорости цели V_2 , имеющих фазовый набег φ_2 , значение кода будет 0011, ($V_2 > V_1$) и т.д.

Все возможные значения кода фаз приведены в таблице и на фиг.2д.

Фазовый набег	Наименование выходов ФД			
	1	2	3	4
$0 - \pi/4$	0	0	0	0
$\pi/4 - \pi/2$	0	0	0	1
$\pi/2 - 3\pi/4$	0	0	1	1
$3\pi/4 - \pi$	0	1	1	1
$\pi - 5\pi/4$	1	1	1	1
$5\pi/4 - 3\pi/2$	1	1	1	0
$3\pi/2 - 7\pi/4$	1	1	0	0
$7\pi/4 - 2\pi$	1	0	0	0

Сигналы на выходе первого усилителя промежуточной частоты 5 и второго

усилителя промежуточной частоты 8 имеют различные доплеровские сдвиги:

$$F_{д1} = -2V/\lambda_1 = -2Vf_1/C$$

$$F_{д2} = -2V/\lambda_2 = -2Vf_2/C.$$

При наличии движущейся цели разность фаз доплеровских сигналов $\Delta\Phi$ на выходах N фазовых детекторов

$$\Delta\Phi = \Phi_{2(t)} - \Phi_{1(t)} - 2\pi(F_{д2} - F_{д1}) \cdot T = 4\pi V(f_2 - f_1)T/C$$

где T - период повторения импульсов.

Радиальную скорость цели можно получить из измеренного изменения $\Delta\Phi$

$$V = C \Delta\Phi / 4\pi(f_2 - f_1)T \quad (1)$$

Значение максимальной однозначно определяемой скорости $V_{\max.одн}$ получим, положив $\Delta\Phi = 2\pi$

$$V_{\max.одн} = C/2 \cdot (f_2 - f_1) \cdot T$$

Для расчета радиальной скорости цели в соответствии с выражением (1) все значения параметров кроме $\Delta\Phi$ известны заранее.

Значения $\Delta\Phi$ на выходе радиолокационной станции сразу получаются в виде N-разрядного цифрового двоичного кода и непосредственно без каких-либо преобразований и дополнительных затрат времени на преобразование вводятся в вычислительное устройство. За счет этого повышается быстродействие радиолокационной станции.

Таким образом, предложенная радиолокационная станция имеет высокое быстродействие, позволяет измерять разность фаз доплеровских частот принимаемых сигналов и по одному принятому импульсу определять радиальную скорость цели.

Формула изобретения:

Радиолокационная станция для измерения радиальной скорости цели, содержащая антенну, переключатель прием-передача, первый генератор, второй генератор, гетеродин, первый усилитель высокой частоты, второй усилитель высокой частоты, первый смеситель, второй смеситель, третий смеситель, первый усилитель промежуточной

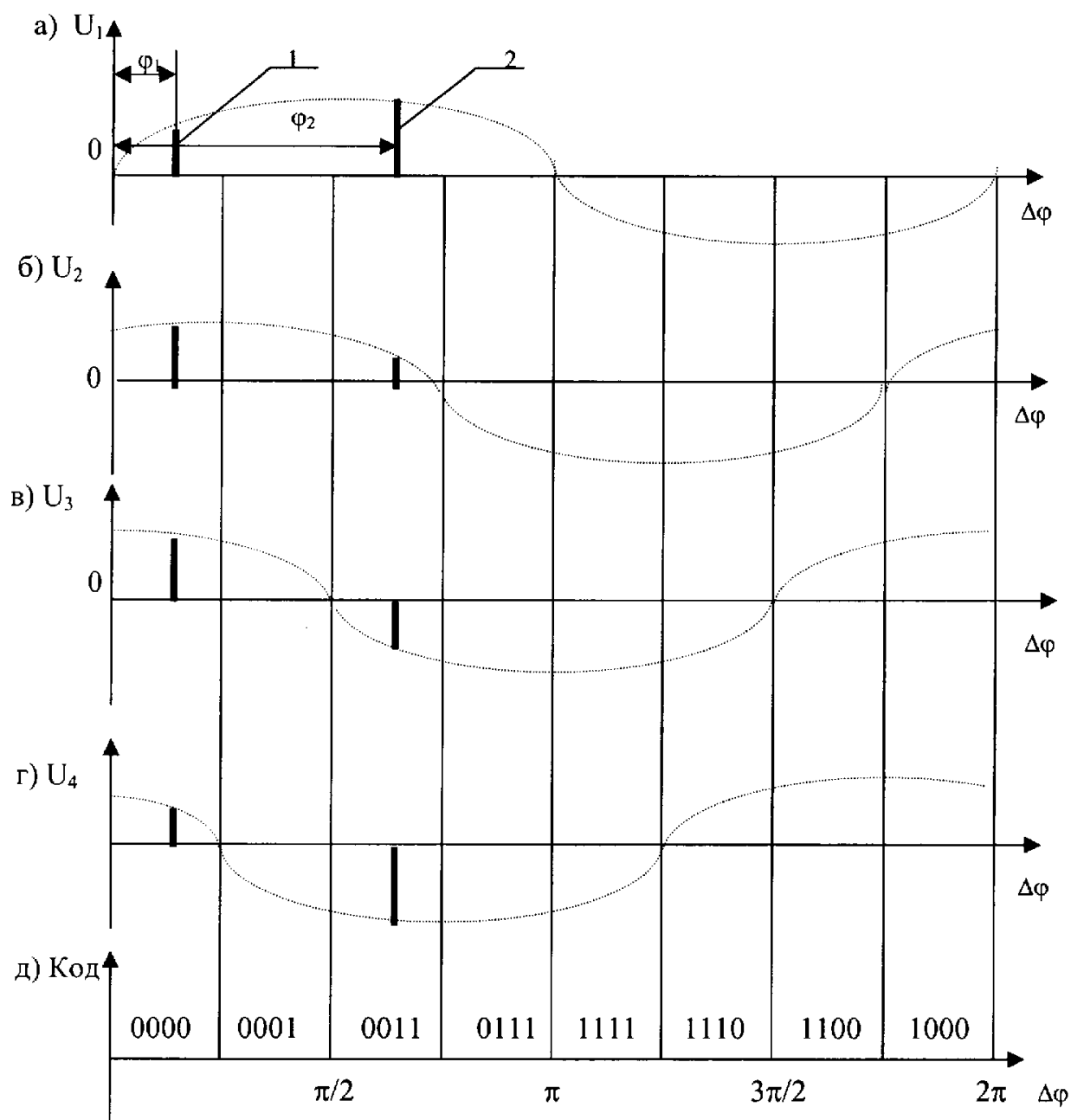
частоты, второй усилитель промежуточной частоты, смеситель фазирования, первый фазовый детектор и когерентный гетеродин, вход когерентного гетеродина подключен к выходу смесителя фазирования, первый вход которого соединен с первым выходом первого генератора, а второй вход смесителя фазирования подключен к первому выходу второго генератора, причем вторые выходы первого и второго генераторов объединены и подключены ко второму входу переключателя прием-передача, первый вход которого подключен к антенне, а выход к объединенным входам первого и второго усилителей высокой частоты, выход первого усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным первому смесителю, первому усилителю промежуточной частоты и первому входу третьего смесителя, выход второго усилителя высокой частоты подключен к последовательно соединенным второму смесителю, второму усилителю промежуточной частоты и второму входу третьего смесителя, выход третьего смесителя подключен к первому входу первого фазового детектора, выход гетеродина подключен ко вторым входам первого и второго смесителя, отличающаяся тем, что введены N-1 фазовых детекторов, N фазовращателей, N компараторов и преобразователь кода, выход когерентного гетеродина соединен с объединенными входами N фазовращателей, выход каждого из которых подключен соответственно к второму входу каждого N фазового детектора, к первым входам каждого N-1 фазового детектора подключен выход третьего смесителя, выход каждого N фазового детектора соединен соответственно с входом каждого N компаратора, выходы которых подключены к каждому N входу преобразователя кода, выходы которого являются выходами радиолокационной станции для определения радиальной скорости цели.

45

50

55

60



Фиг.2