



УКРАЇНА

{19}

(И) 32527 (із) С2

(51) 7 H04L27/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І
НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ТРАНСПОНУВАННЯ ЧАСТОТИ

(21)93004410

(22)21 09 1992

(24) 15 02 2001

(31)806,511

(32)13 12.1991

(33) US

(86) PCT/US92/08057 21.09 1992

(46) 15.02 2001, Бюл № 1, 2001 р

(72) Лароса Крістофер П (US), Карнг Майкл Дж. (US)

(73) МОТОРОЛА, ІНК (US)

(56) US 5,289,505 22 02 1994

(57) 1 Устройство транспонирования частоты для изменения реальной частоты фазовой информации входного сигнала, имеющего первую заданную частоту f_{n0} и первую фазу $\phi(t)$, которая выделяется и преобразовывается в цифровую форму со второй заданной частотой f_0 устройством прямого преобразования фазы в цифровую форму, с формированием сигнала оценки фазы $\phi'(t)$, имеющего вторую фазу и заключающего в себе ступенчатую функцию фазовой ошибки, отличающееся тем, что оно включает в себя схему транспонирования частоты роединенную с упомянутым устройством прямого преобразования фазы в цифровую форму и выполненную с возможностью формирования сигнала транспонирования, аппроксимирующего указанную ступенчатую функцию фазовой ошибки, и сумматор, соединенный с упомянутыми устройством прямого преобразования фазы и схемой транспонирования частоты и выполненный с возможностью сложения упомянутых сигнала оценки фазы и сигнала транспонирования, в существенной степени исключающая указанную ступенчатую функцию фазовой ошибки из сигнала оценки фазы

2 Устройство по п. 1, отличающееся тем, что упомянутый сигнал транспонирования равен $\pm[2]tfo(1/L)t \bmod 2\pi$, где L - целое положительное число

3 Устройство по п. 1, отличающееся тем, что упомянутый сигнал транспонирования равен $\pm[27do(1/L-1/M)t] \bmod 2\pi$, где L и M - целые положительные числа, причем L меньше M

4 Устройство транспонирования частоты для изменения в радиоприемнике, работающем в системе, использующей схему фазовой модуляции, выполненном с возможностью приема радиочастотных сигналов, имеющих некоторую фазу, и их преобразования в сигналы промежуточной частоты f_{n4} имеющие фазу $\psi(t)$, которая выделяется и преобразуется в цифровую форму со второй задан-

ной частотой f_0 устройством прямого преобразования фазы в цифровую форму соединенным с упомянутым радиоприемником, с формированием N-разрядного сигнала, имеющего вторую фазу $\psi'(t)$, равную $[0(L+2\pi\psi'(t) \bmod 2\pi)] \bmod 2\pi$, отличающееся тем, что оно включает в себя схему транспонирования частоты, выполненную с возможностью формирования третьего сигнала, фаза которого в существенной степени равна $[27t(f_{n4}-f_0)t] \bmod 2\pi$, и сумматор (313), выполненный с возможностью сложения упомянутых второго фазового сигнала и третьего сигнала с формированием четвертого сигнала, имеющего фазу равную $\psi(t)$

5 Устройство по п. 4, отличающееся тем, что упомянутая схема транспонирования частоты выполнена с возможностью инкрементирования N-разрядного второго фазового сигнала на, по меньшей мере, один разряд через каждые L циклов за данной третьей частоты, где L - целое положительное число

6 Устройство по п. 5, отличающееся тем, что упомянутая схема транспонирования частоты выполнена с возможностью запрета упомянутого инкрементирования N-разрядного второго фазового сигнала, по крайней мере, один раз за M циклов заданной третьей частоты, где M - целое положительное число, большее L

7 Способ транспонирования реальной частоты фазовой информации входного сигнала, имеющего первую заданную частоту f_{n4} и первую фазу $\psi(t)$, которая выделяется и преобразовывается в цифровую форму со второй заданной частотой f_0 , с формированием сигнала оценки фазы $\psi'(t)$, заключающего в себе ступенчатую функцию фазовой ошибки, отличающийся тем, что он включает в себя операции формирования сигнала транспонирования, аппроксимирующего указанную ступенчатую функцию фазовой ошибки, и объединения указанных сигнала оценки фазы и сигнала транспонирования, с исключением, в существенной степени, указанной ступенчатой функции фазовой ошибки из указанного сигнала оценки фазы

8 Способ по п. 7, отличающийся тем, что упомянутый сигнал транспонирования равен $\pm[2\pi fo(1/L-1/M)t] \bmod 2\pi$, где L и M - целые положительные числа, причем L меньше M

СМ
ОСМ
Ю
СМ
СО

Настоящее изобретение относится, вообще говоря, к радиоприемникам и, в частности, к транспонированию частоты подлежащей оцифровыванию фазовой информации.

Обычно радиоприемники содержат генератор опорной частоты. Генератор опорной частоты используется при генерировании всех необходимых частот, требуемых для демодуляции принятого сигнала.

При прямом преобразовывании фазы сигнала промежуточной частоты (ПЧ) в цифровой вид необходимо формирование опорного сигнала демодулятора, имеющего частоту, равную ПЧ; в противном случае оцифровываемый фазовый сигнал должен быть скорректирован с учетом разницы частот после цифрового демодулирования. Например, предположим, что радиоприемник имеет генератор опорной частоты, работающий на частоте 16,8 МГц, а промежуточная частота ($f_{пч}$) равна 456 кГц. При использовании N-разрядной фазопреобразующей цепи, функционирующей на частоте генератора опорной частоты $\langle f_{оп} \rangle$, опорная частота цифрового демодулятора (f_0) будет равна частному деления $1_{оп}$ на 2^N . Применяя 5-разрядную фазопреобразующую цепь, получим опорную частоту демодулятора, равную 16,8 МГц деленным на 2^5 , или 525 кГц. Как видно, опорная частота цифрового демодулятора (f_0) не равна ПЧ ($f_{пч}$). Для прямого цифрового преобразования фазы необходимо, чтобы ПЧ и опорная частота демодулятора совпадали. Из уровня техники известны два решения этой проблемы.

Во-первых, можно было бы использовать дополнительный генератор опорной частоты, который обеспечил бы опорную частоту демодулятора, равную ПЧ. Для приведенного выше примера необходим второй генератор опорной частоты, работающий на частоте 14,592 МГц ($14,592/2^5 = 456$ кГц).

Вариант с использованием второго генератора опорной частоты имеет ряд недостатков. Во-первых, нестандартная частота обуславливает выполнение устройства специальной конструкции, что связано с дополнительными расходами. Во-вторых, дополнительный генератор увеличивает стоимость, размеры и потребление энергии радиоприемника. В-третьих, при генерировании внутри радиоприемника двух различных частот возможны проблемы, связанные с паразитными помехами. Из-за этого введение дополнительного генератора опорной частоты является неудовлетворительным решением этой проблемы.

Второе решение этой проблемы предполагает транспонирование частоты сигнала ПЧ (f_m) таким образом, чтобы добиться совпадения полученной частоты с опорной частотой демодулятора (f_0). Это может быть осуществлено путем преобразования сигнала ПЧ с помощью гетеродина, частота которого равна разности частот $\{f_0 - f_{пч}\}$. Продолжая вышеприведенный пример, ПЧ 456 кГц должна быть поднята до частоты, равной 525 кГц. Смещение частот возможно при частоте гетеродина, равной $(f_0 - f_{пч})$, или 9 кГц. Кроме того, что требуются дополнительные аппаратные средства; это решение может также вызвать проблемы, связанные с паразитными помехами. Следовательно, аналоговое транспонирование частоты является

также неудовлетворительным решением этой проблемы.

Таким образом, существует потребность в небольшом, недорогом устройстве транспонирования частоты, которое не требует каких-либо дополнительных аналоговых аппаратных средств и не создает потенциальных проблем паразитных помех.

Настоящее изобретение предлагает устройство транспонирования частоты для изменения частоты входного сигнала с фазовой информацией. Входной сигнал имеет первую фазу ($\phi(t)$) и первую частоту ($f_{пч}$). Информация, представленная упомянутой первой фазой ($\phi(t)$), выделяется и подвергается цифровому преобразованию, с формированием таким образом второго N-разрядного цифрового фазового сигнала (ϕ_i) со второй частотой (f_0). Устройство транспонирования частоты формирует третий цифровой фазовый сигнал, аппроксимирующий разность между сигналами ($G(t)$) и $\{0'(t)\}$. Затем устройство транспонирования частоты выполняет смещение второго и третьего цифровых фазовых сигналов, с формированием четвертого цифрового фазового сигнала, представляющего собой в существенной степени точную оценку первого фазового сигнала.

Перечень фигур графических изображений:

Фиг. 1 - структурная схема радиотелефонной системы, в которой возможно использование настоящего изобретения;

Фиг. 2 - структурная схема фазового демодулятора в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг. 3 - структурная схема устройства транспонирования частоты в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг. 4 - график демодулируемого сигнала фазовой информации до транспонирования частоты;

Фиг. 5 - график сигналов, формируемых в устройстве транспонирования частоты;

Фиг. 6 - график демодулируемого сигнала фазовой информации после транспонирования частоты.

Описание предпочтительного варианта реализации.

В соответствии с предпочтительным вариантом настоящего изобретения предлагается устройство прямого преобразования фазы в цифровую форму, используемое в цифровом радиотелефонном приемнике. Устройство прямого преобразования фазы в цифровую форму использует принятый сигнал промежуточной частоты (U), равной 456 кГц. Радиотелефон содержит генератор опорной частоты, формирующий частоту (f^*), равную 16,8 МГц. Для случая 5-разрядного устройства преобразования фазы в цифровую форму, частота преобразования f_0 равна $16,8 \text{ МГц}/2^5 = 525 \text{ кГц}$. Фаза сигнала ПЧ прямо преобразуется в цифровую форму с опорной частотой демодулятора. Результирующее первичное фазовое слово заключает в себе искомую фазу ($\phi(t)$), постоянное фазовое смещение (ϕ) и ступенчатую функцию фазовой ошибки по модулю $2\pi([2\pi(i\phi - 1\phi)]/m\phi)2\pi$. Устройство транспонирования частоты формирует слово транспонирования, содержащее ступенча-

тую функцию фазы по модулю 2 π , имеющую коэффициент угла наклона, равный по модулю коэффициенту угла наклона ступенчатой функции фазовой ошибки, но противоположный по знаку. Транспонирующее слово и первичное фазовое слово подаются на вход N-разрядного сумматора, при этом в существенной степени подавляется ступенчатая функция фазовой ошибки в упомянутом первичном фазовом слове.

На Фиг. 1 представлена структурная схема радиотелефонной системы, использующая настоящее изобретение. В радиотелефонной системе стационарный приемопередатчик 103 посылает и принимает радиочастотные сигналы на и от мобильных и/или портативных радиотелефонов, находящихся в пределах некоторой фиксированной географической области, обслуживаемой упомянутым стационарным приемопередатчиком 103. Радиотелефон 101 является одним из таких радиотелефонов, обслуживаемых стационарным приемопередатчиком 103.

При приеме сигналов от стационарного приемопередатчика 103 радиотелефон 101 использует антенное устройство 105 для приема радиочастотного сигнала и преобразования его в электрический радиочастотный сигнал. Электрический радиочастотный сигнал принимается радиоприемником 111 радиотелефона 101. Приемник 111 формирует сигнал промежуточной частоты (ПЧ) 115. Этот сигнал подается на вход фазового демодулятора 119. Фазовый демодулятор 119 выдает цифровой сигнал 123, который подается на процессор 121. Процессор 121 преобразует цифровой сигнал 123 в речевой сигнал или сигнал данных, подаваемый в интерфейс пользователя 125. Интерфейс пользователя 125 включает в себя микрофон, громкоговоритель и клавиатуру.

При передаче радиочастотных сигналов от портативного радиотелефона 101 к стационарному приемопередатчику 103 поступающий от интерфейса пользователя речевой сигнал или сигнал данных обрабатываются процессором 121. Обработанные сигналы подаются на вход передатчика 109. Передатчик 109 преобразовывает данные в электрические радиочастотные сигналы. Электрические радиочастотные сигналы преобразовываются в радиочастотные сигналы и передаются антенной 105. Упомянутые радиочастотные сигналы затем принимаются стационарным приемопередатчиком 103.

На Фиг. 2 представлена структурная схема фазового демодулятора 119, показанного на Фиг. 1. Фазовый демодулятор 119 содержит амплитудный ограничитель 301, устройство прямого преобразования фазы в цифровую форму 303, N-разрядный сумматор 313, схему обработки фазы 305, амплитудный селектор символов 321, генератор опорной частоты 315 и схему транспонирования частоты 317.

Амплитудный ограничитель 301 принимает сигнал ПЧ 115 и ограничивает диапазон значений напряжения сигнала ПЧ 115 до двух уровней напряжения, соответствующих логическому "0" и логической "1". Амплитудный ограничитель 301 выдает ограниченный сигнал ПЧ 309. Ограниченный сигнал ПЧ 309, $A_x \cos[2\pi f_{cw}t + e(t)]$, подается на вход

устройства 303 прямого преобразования фазы в цифровую форму.

Устройство 303 прямого преобразования фазы в цифровую форму использует как отрицательные, так и положительные переходы (т.е. пересечения нуля) ограниченного сигнала ПЧ 309 для дискретизации внутренне формируемой ступенчатой функции фазы по модулю 2π . Цифровая оценка фазы ($\phi(t)$) 311 формируется посредством определения фазы ограниченного входного сигнала ПЧ 309 по отношению к фазе опорного сигнала демодулятора ($c(t)$)-

$$c(t) = \cos[2\pi M + \phi].$$

При использовании N-разрядного устройства преобразования фазы в цифровую форму частота опорного сигнала демодулятора U равна $f_{on} 2^N$. В предпочтительном варианте реализации изобретения $f_{on} = 6.8$ МГц, $N = 5$ и $f_o = 525$ кГц. Полученное N-разрядное фазовое слово $\phi(t)$ равно

$$G'(\phi) = [$$

Указанное полученное фазовое слово ($\phi(t)$) включает в себе искомую фазовую информацию ($0 < t$)), ступенчатую функцию фазовой ошибки ($2\pi(f_a - f_o)t$ и постоянное фазовое смещение (ϕ). Таким образом, если промежуточная частота (f^a) не равна опорной частоте демодулятора (f_o), то будет иметь место ступенчатая функция фазовой ошибки, которая должна быть компенсирована для обеспечения точного фазового преобразования.

Схема транспонирования частоты 317 формирует слово транспонирования ($\phi(t)$) 319, содержащее ступенчатую функцию фазы по модулю 2π , имеющую коэффициент угла наклона, равный по модулю коэффициенту угла наклона ступенчатой функции фазовой ошибки, но противоположный по знаку:

$$\phi_T(t) = [2\pi(VU)t]_{mod 2\pi}.$$

Слово транспонирования ($\phi(t)$) 319 и первичное фазовое слово 311 подаются на вход N-разрядного сумматора 313. N-разрядный сумматор 313 складывает два N-разрядных слова 311, 319, и выдает результирующее частотно-транспонированное фазовое слово ($\phi(t)$) 307.

Фазовый сигнал 307 поступает на вход схемы обработки фазы 305. Схемы обработки фазы 305 исключают постоянное фазовое смещение (ϕ). Схема обработки фазы 305 содержит либо когерентную схему обработки фазы, либо дифференциально-когерентную схему обработки фазы. В предпочтительном варианте для исключения постоянного фазового смещения (ϕ) применяют дифференциально-когерентную схему обработки фазы. Результирующий цифровой фазовый сигнал в $\phi(t)$ 320 поступает на вход амплитудного селектора символов 321. На выходе амплитудного селектора символов 321 формируются символьные цифровые сигналы (биты данных), соответствующие фазовому сигналу 319.

На Фиг. 3 представлена подробная структурная схема схемы транспонирования частоты 317,

показанной на Фиг. 2. N-разрядное слово транспонирования 319 формируется при помощи N-разрядного счетчика прямого/обратного счета 417, синхронизируемого генератором опорной частоты 315. В предпочтительном варианте реализации изобретения для формирования ступенчатой функции фазы по модулю 2π 319 с положительным коэффициентом угла наклона на установочный вход 431 реверсивного счетчика 417 подается высокий уровень напряжения; если же требуется отрицательный коэффициент угла наклона, то на установочный вход 431 подается низкий уровень напряжения.

Счетчик прямого счета 401 и компаратор 407 используются для деления опорной частоты 421 на L. Сигнал опорной частоты 421, генерируемый генератором опорной частоты 315, запускает счетчик 401. Счетчик 401 формирует на выходе слово 423, которое подается на вход компаратора 407. В компараторе 407 хранится предварительно загруженное значение L-1. Когда слово 423 на выходе счетчика 401 принимает значение, равное L-1, компаратор 407 вырабатывает инкрементный импульсный сигнал 433, сбрасывающий счетчик 401 и поступающий на вход логической схемы запуска счетчика 409. Инкрементный сигнал 433 принимает значение высокого уровня напряжения через каждые L циклов сигнала 421 генератора опорной частоты.

Счетчик прямого счета 403 и компаратор 405 используются для деления опорной частоты 421 на M. Сигнал опорной частоты 421, генерируемый генератором опорной частоты 315, запускает счетчик 403. Счетчик 403 формирует на выходе слово 429, которое подается на вход компаратора 405. В компараторе 405 хранится предварительно загруженное значение M-1. Когда слово на выходе счетчика 429 принимает значение, равное M-1, компаратор 405 вырабатывает запрещающий импульсный сигнал 427, сбрасывающий счетчик 403 и поступающий на вход логической схемы запуска счетчика 409. Запрещающий сигнал 427 принимает значение высокого уровня напряжения через каждые M циклов сигнала 421 генератора опорной частоты.

Логическая схема запуска счетчика 409 использует инкрементный сигнал 433 и запрещающий сигнал 427 для формирования импульса 425 запуска счетчика. Импульс 425 запуска счетчика принимает значение высокого уровня напряжения при поступлении каждого инкрементного сигнала 433 и имеет высокий уровень напряжения до тех пор, пока не поступит запрещающий сигнал 427 после последнего инкрементного сигнала 433. Для эффективного функционирования логической схемы запуска счетчика 409 M должно быть больше L. Логическая схема запуска счетчика 409 содержит два вентиля "И" 411, 415 и RS-триггер 413.

Каждый инкремент N-разрядного счетчика 417 эквивалентен добавлению одного фазового сектора ($\pi/2^{N-1}$ радиан) через каждые $U_{\text{фоп}}$ секунд к слову транспонирования 319. Результирующее смещение частоты определяется выражением:

Запрещающий сигнал 427 обеспечивает формирование слова транспонирования 319 с большей точностью за счет запрета упомянутой операции инкремента один раз через каждые M циклов $f_{\text{оп}}$. Вводя функцию запрета в предыдущее выражение, получим следующее уточненное выражение для смещения частоты:

$$4f = \pm f_0 [1/L - 1/M]$$

Слово транспонирования 319 складывается с первичным фазовым словом 311, в результате чего формируется частотно-транспонированное фазовое слово 307. Реальная опорная частота демодулятора, после суммирования со словом транспонирования, принимает следующее значение:

$$f_{\text{опр}} = f_0 - \Delta f_0 \times [1 \pm f_0/L - 1/M].$$

Параметры транспонирования частоты L и M выбираются такими, чтобы они позволяли получить реальную опорную частоту демодулятора, максимально точно аппроксимирующую промежуточную частоту f_m . В предпочтительном варианте реализации изобретения $L=7$, $M=87$ и реальная опорная частота демодулятора равна 456.03448 кГц.

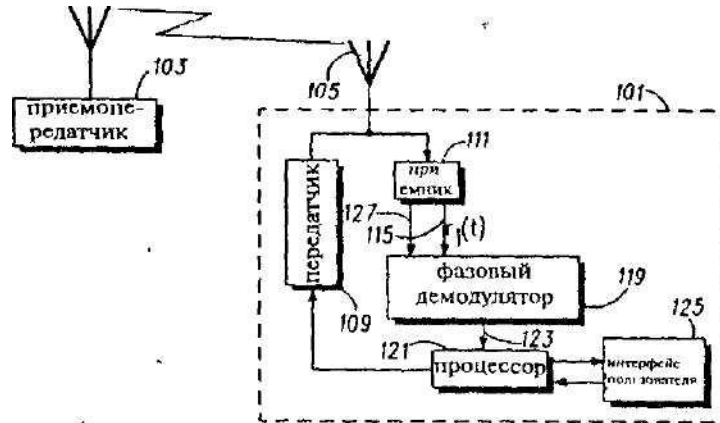
Следует отметить, что обе операции - и операция инкремента, и операция запрета - не являются обязательными для всех возможных применений. Некоторые применения используют только операцию инкремента, в то время как другие - многократные операции запрета.

На Фиг. 4, 5, 6 графически продемонстрировано функционирование схемы транспонирования частоты. На фиг. 4 показан график зависимости детектируемого фазового сектора от времени. Линия 501 представляет собой первичное фазовое слово 311 до транспонирования частоты сигнала. Промежуточная частота сигнала 501 не была равна опорной частоте демодулятора, поэтому детектируемая фаза 501 отличается от реальной фазы, показанной на фиг. 4 штриховой линией 503. Фиг. 5 иллюстрирует внутреннее функционирование схемы транспонирования частоты 317. Линия 507 представляет количество инкрементных импульсных сигналов 433. Линия 509 представляет количество запрещающих импульсных сигналов 427. Линия 505 представляет собой слово транспонирования 425. Линия 505 представляет ступенчатую функцию фазы, имеющую коэффициент угла наклона в существенной степени равный коэффициенту угла наклона детектируемой фазы 501, но противоположный по знаку. На фиг. 6 показана фаза, полученная на выходе N-разрядного сумматора 313. Сигнал 511 представляет собой частотно-транспонированное фазовое слово 307. Сигнал 513 - представление реальной фазы ограниченного входного сигнала ПЧ 309. Как видно из фиг. 6, исходный фазовый сигнал 513 и фазовый сигнал 511, полученный после транспонирования частоты, в существенной степени равны.

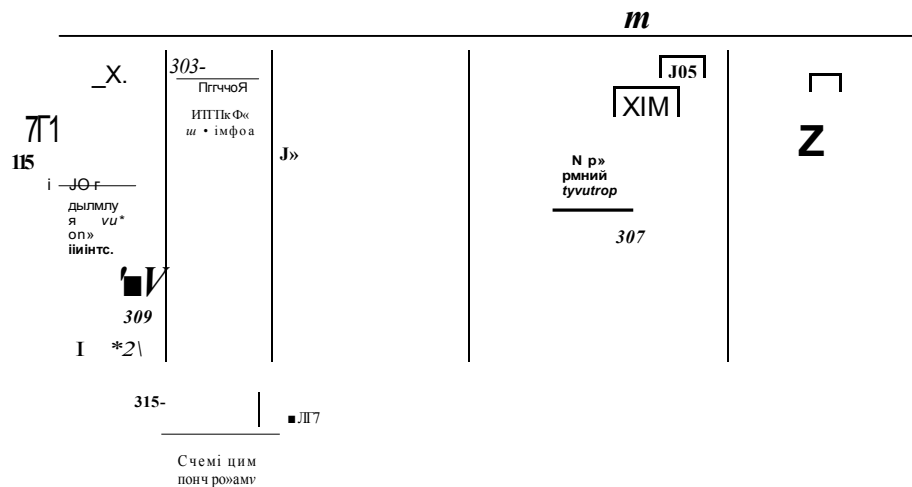
Описанное устройство предназначено для эффективной коррекции известного частотного смещения фазового сигнала, подвергаемого цифровой демодуляции. Смещение возникает как

следствие существований различия между частотой опорного генератора демодулятора f_0 и промежуточной частотой f_m . Предлагаемое устройство позволяет осуществить прямое преобразование фазы входного сигнала без задействования второго генератора в радиоприемнике. Параметры L и M могут быть легко перепрограммированными так что является возможным осуществлять транспо-

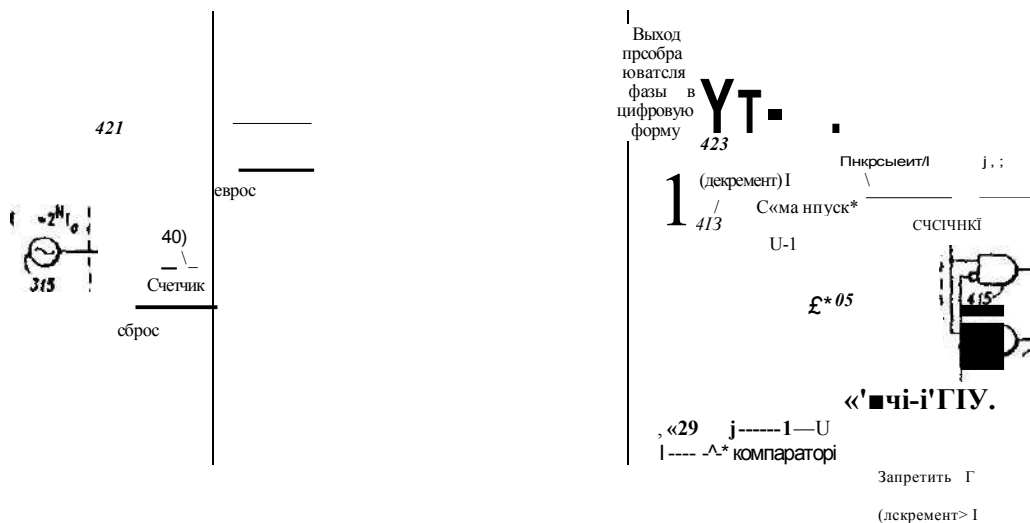
нирование реальной опорной частоты цифрового демодулятора независимо от конкретных опорной и промежуточной частоты. Такая гибкость является важной характеристикой при применении этого устройства в радиоприемниках, которые могут иметь различное применение. Реализация этого устройства проста, эффективна и недорогостояща.



Фиг. 1

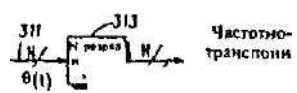


ФИГ. 2

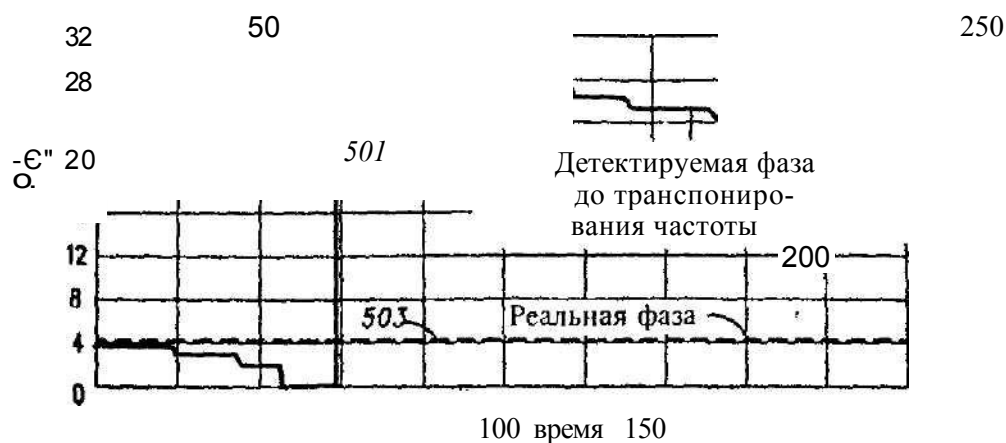


	ч	$i_{TM} J_{i07}$	ромнное фвзояое <i>елоао</i>	1409	'on
					$U/B-0 \text{ lff}_n, V$ $I,$

Фиг. 3



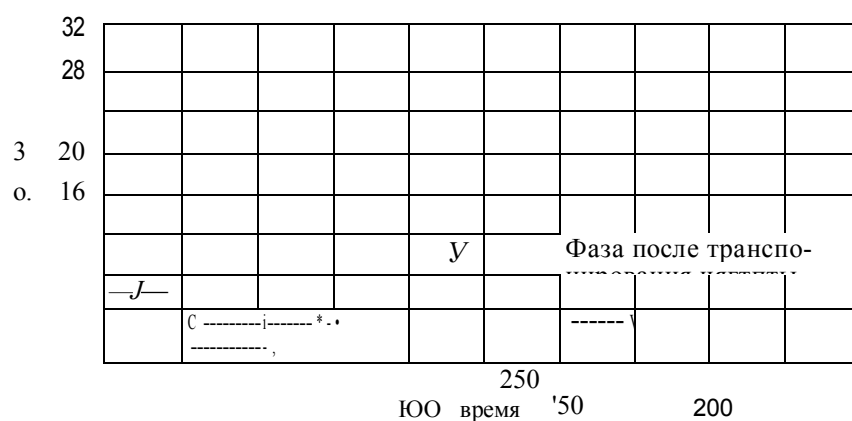
$e_1(0)$



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Тираж 50 экз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
 Україна, 88000, м. Ужгород, в ул. Гагаріна, 101
 (03122)3-72-89 {03122}2-57-03