



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010125187/07**, **18.06.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **18.06.2010**(43) Дата публикации заявки: **27.12.2011** Бюл. № 36(45) Опубликовано: **20.02.2013** Бюл. № 5(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2013014 C1**, **10.07.2010**. **RU 2282944 C2**, **27.08.2006**. **RU 2394372 C1**, **10.07.2010**. **RU 2316898**, **10.02.2008**. **WO 2001/047203 A1**, **28.06.2001**.

Адрес для переписки:

**394018, г.Воронеж, ул. Плехановская, 14,
ОАО "Концерн "Созвездие"**

(72) Автор(ы):

**Козачок Николай Иванович (RU),
Иркутский Олег Аркадиевич (RU),
Рубцова Дарья Петровна (RU),
Двурекова Наталья Николаевна (RU)**

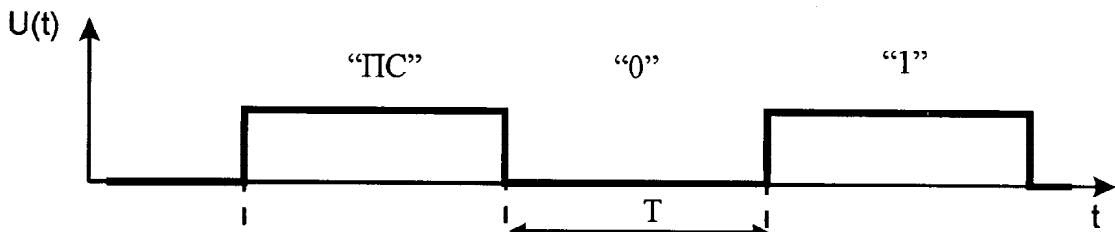
(73) Патентообладатель(и):

**Открытое акционерное общество "Концерн
"Созвездие" (RU)****(54) СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТРОПОСФЕРНЫХ
ЛИНИЯХ СВЯЗИ**

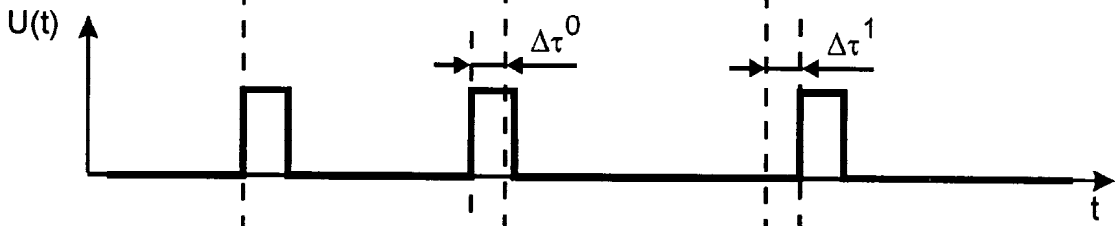
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиосвязи и может быть использовано для разработки тропосферных радиостанций. Технический результат - снижение влияния замираний при передаче и приеме информации в цифровых тропосферных линиях связи, повышение скорости передачи цифровой информации и помехоустойчивости связи при минимальном количестве каналов формирования и обработки сигналов. Для

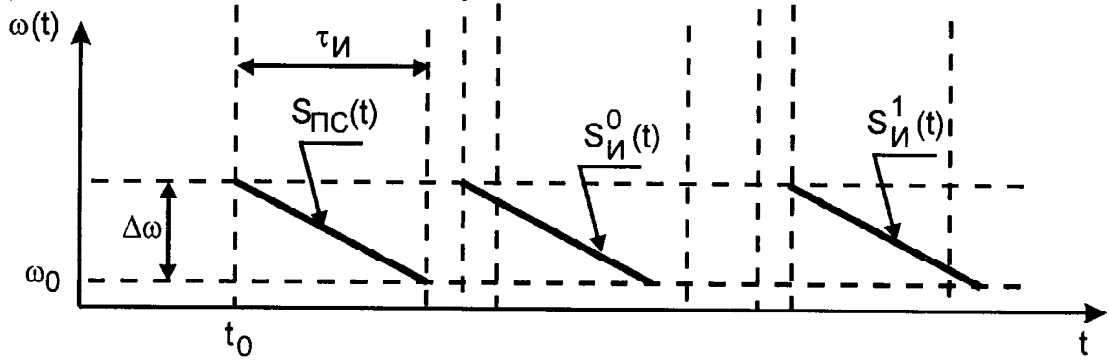
этого в способе, основанном на разнесении сигналов по частоте, используют уплотненные во времени излучаемые сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), с задержками, зависящими от составляющих бинарного информационного сигнала, обрабатывают принимаемый сигнал на согласованных фильтрах сжатия и выделяют полезную информацию с помощью селективирующих стробов и тактовых импульсов, наведенных ЛЧМ пилот-сигналом. 11 ил.



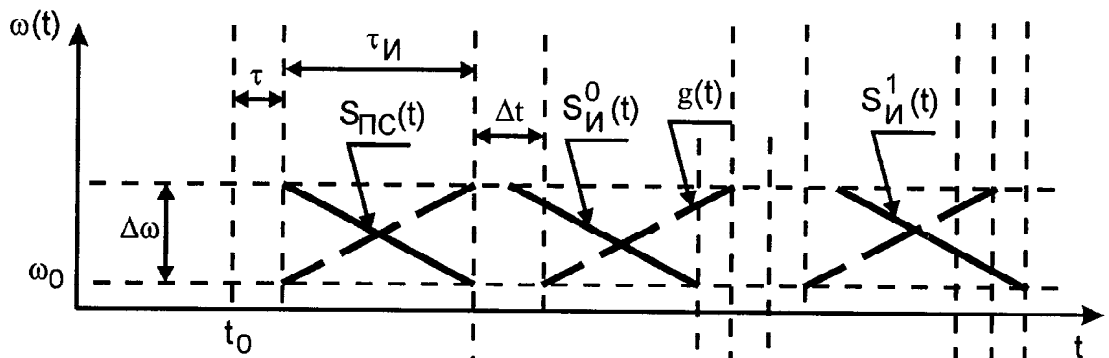
Фиг. 1



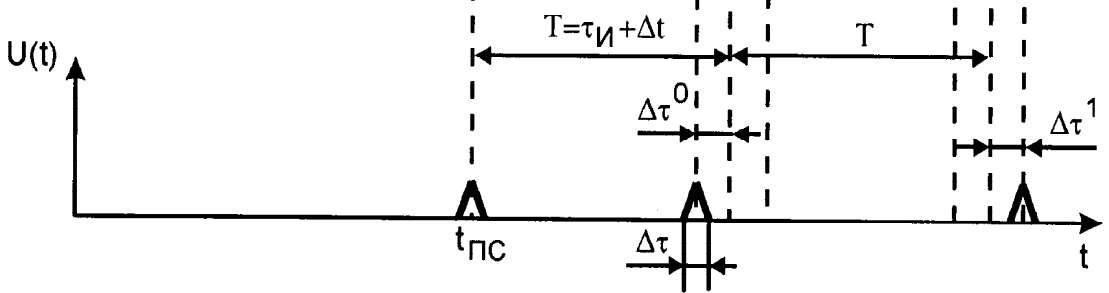
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H04B 7/22 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010125187/07, 18.06.2010**
 (24) Effective date for property rights:
18.06.2010
 Priority:
 (22) Date of filing: **18.06.2010**
 (43) Application published: **27.12.2011 Bull. 36**
 (45) Date of publication: **20.02.2013 Bull. 5**
 Mail address:
394018, g.Voronezh, ul. Plekhanovskaja, 14, OAO
"Kontsern "Sozvezdie"

(72) Inventor(s):
Kozachok Nikolaj Ivanovich (RU),
Irkutskij Oleg Arkadievich (RU),
Rubtsova Dar'ja Petrovna (RU),
Dvurekova Natal'ja Nikolaevna (RU)
 (73) Proprietor(s):
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Kontsern
"Sozvezdie" (RU)

(54) **METHOD TO TRANSFER AND RECEIVE DIGITAL INFORMATION IN TROPOSPHERIC COMMUNICATION LINES**

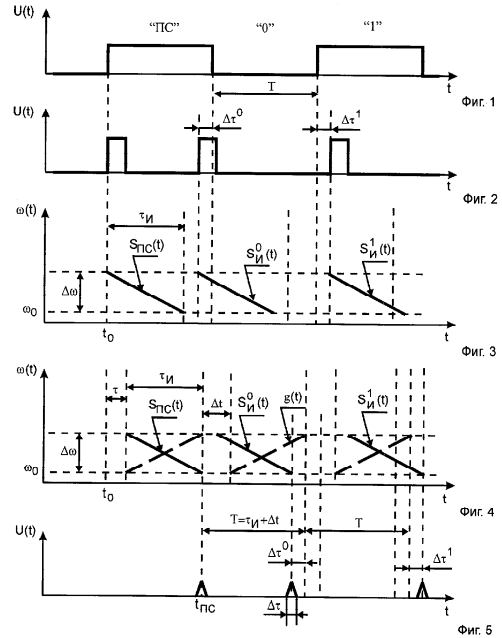
(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: in the method based on diversity of signals by frequency they use time-compacted radiated signals with linear frequency modulation (LFM), with delays that depend on components of a binary information signal, the received signal is processed on matched compression filters, and useful information is identified with the help of selecting strobes and clock pulses induced by an LFM pilot signal.

EFFECT: reduced effect of fading in transfer and reception of information in digital tropospheric communication lines, higher speed of digital information transfer and communication noise immunity with minimum quantity of signal generation and processing channels.

11 dwg



RU 2 4 7 5 9 6 2 C 2

RU 2 4 7 5 9 6 2 C 2

Изобретение относится к области радиосвязи и может быть использовано для разработки тропосферных радиостанций.

Известен способ сдвоенного пространственно разнесенного приема [Нарытник Т.Н. Радиорелейные и тропосферные системы передачи: Учебн. Пос. - К.: Концерн «Видавничий Дім «Ін Юре», 2003. - 336 с., с.191], при котором на один передатчик передающей станции поступает групповой сигнал от каналообразующей аппаратуры, а приемная станция имеет две антенны, разнесенные одна от другой на 50-100 длин волн в направлении, перпендикулярном к направлению на корреспондента. Быстрые релеевские замирания радиосигналов на выходе антенн в этом случае оказываются практически некоррелированными. Поэтому один из приемников, подключенных к разнесенным антеннам, но работающих на общую нагрузку, практически всегда находится в лучших условиях приема, чем другой. Разнесение в пространстве обеспечивается при использовании одного передатчика, однако, требуется две антенно-фидерные системы, которые ввиду большого усиления антенн и их сложности дорого стоят.

Известен способ углового разнесения сигналов [Тропосферная связь. / Л.И.Яковлев, Г.В.Дедюкин, Э.С.Каграманов и др. - М.: Воениздат, 1984. - 256 с., с.31], который осуществляется с помощью двух облучателей, смещенных относительно фокальной плоскости единого параболического зеркала. В результате этого диаграмма направленности такой антенны имеет двухлепестковую структуру, что позволяет получить два разнесенных в пространстве объема переизлучения, наличие которых приводит к некоррелированности замираний сигналов в каждом из них. Однако при реализации углового разнесения необходимо сочетать разумный компромисс между уменьшением уровня сигнала за счет вывода облучателя из фокальной плоскости и ухода объема переизлучения от линии, соединяющей приемные и передающие пункты, и ростом корреляции при уменьшении угла разнесения. Это отражается на сложности аппаратуры и ее цене.

Известен способ автовыбора оптимальной рабочей частоты, реализованный в тропосферной станции AN/TRC-105WX, разработанной фирмой «Моторолла» [Тропосферная связь / Л.И.Яковлев, Г.В.Дедюкин, Э.С.Каграманов и др. - М.: Воениздат, 1984. - 256 с., с.67]. В этой станции 33 раза в секунду анализируются условия распространения каждой из 16 возможных частот. Анализатором спектра определяется, на какой из анализируемых частот сигнал имеет наименьшее затухание. Выбранная частота фиксируется в пунктах передачи и приема, и работа проводится на данной частоте. Автовыбор оптимальной частоты позволяет обойтись одной антенной, одним передатчиком и одним приемником. Однако время переходов на оптимальные частоты влияет на скорость передачи информации в сторону снижения последней.

Наиболее близким к предлагаемому является способ приема с разнесением по частоте [Нарытник Т.Н. Радиорелейные и тропосферные системы передачи: Учебн. Пос. - К.: Концерн «Видавничий Дім «Ін Юре», 2003. - 336 с., с.192], принятый за прототип. При сдвоенном приеме с разнесением по частоте на одну антенну через диплексор подается сигнал от двух передатчиков, работающих на разных частотах, к которым через общий модулятор поступает групповой сигнал от каналообразующей аппаратуры. Приемная станция также имеет одну антенну, к которой через диплексор подключены два приемника, настроенные на соответствующие передатчикам частоты. При определенном разносе между этими заданными частотами замирания радиосигналов на входах приемников оказываются практически

некоррелированными, благодаря чему и обеспечивается существенное снижение влияния быстрых замираний радиосигнала на качество приема. Двукратное разнесение по частоте позволяет обойтись одной антенной, но необходимы два передатчика и два приемника с отдельными гетеродинами.

Для повышения помехоустойчивости требуется R -кратное ($R > 2$) разнесение по частоте; но тогда потребуется R передатчиков и R приемников. Мощные передатчики и чувствительные приемники всегда сложны, а к стабильности частоты их возбуждателей и гетеродинов предъявляются весьма высокие требования.

Задачей предлагаемого способа являются снижение влияния замираний при передаче и приеме информации в цифровых тропосферных линиях связи, повышение скорости передачи цифровой информации и помехоустойчивости связи при минимальном количестве каналов формирования и обработки сигналов.

Для решения поставленной задачи в способе, основанном на разнесении сигналов по частоте, используют уплотненные во времени излучаемые сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), с задержками, зависящими от составляющих бинарного информационного сигнала, обрабатывают принимаемый сигнал на согласованных фильтрах сжатия и выделяют полезную информацию с помощью селектирующих стробов и тактовых импульсов, наведенных ЛЧМ пилот-сигналом.

Предлагаемый способ заключается в следующем.

Предположим, что на передающей стороне при передаче логической «1» (фиг.1) импульс запуска ЛЧМ сигнала (см. фиг.2) сдвигается на величину задержки $\Delta\tau^1$ вправо по временной оси, а при передаче логического «0» (фиг.1) - на $\Delta\tau^0$ влево по временной оси (см. фиг.2).

Тогда, аналитическое выражение для информационного сигнала (см. фиг.3) принимает вид

$$S_{И}^1(t) = \cos \left[\omega_0 \cdot (t - \Delta\tau^1) - 0,5\mu \cdot (t - \Delta\tau^1)^2 \right], \quad 0 < t < \tau_{И} \quad (1)$$

при передаче логической «1», или

$$S_{И}^0(t) = \cos \left[\omega_0 \cdot (t + \Delta\tau^0) - 0,5\mu \cdot (t + \Delta\tau^0)^2 \right], \quad 0 < t < \tau_{И} \quad (2)$$

при передаче логического «0»,

где $\omega_0 = 2\pi F_0$ - начальная угловая частота информационного ЛЧМ сигнала;

$\mu = \frac{\Delta\omega}{\tau_{И}}$ - скорость перестройки частоты;

и

$\Delta\omega = 2\pi \cdot \Delta F$ - девиация частоты;

$\tau_{И}$ - длительность информационного ЛЧМ сигнала, которая выбирается из условия $\tau_{И} = T - \Delta t$, $\Delta t = \Delta\tau^0 + \Delta\tau^1$; (3)

T - длительность логического «0» (логической «1») бинарного информационного сигнала (фиг.1).

Законы изменения частоты излучаемых сигналов показаны на фиг.3.

При приеме информационных ЛЧМ радиоимпульсов (см. фиг.4) на выходе фильтра сжатия появляются сжатые по времени сигналы (см. фиг.5), имеющие временные сдвиги относительно автокорреляционной функции [Ч.Кук, М.Бернфельд.

Радиолокационные сигналы. Теория и применение. Перевод с английского под редакцией В.С.Кельзона. - М.: «Сов. радио», 1971 г., рис.6.2, с.151].

Импульсная характеристика фильтра сжатия $g(t)$ (см. фиг.4) имеет вид

$$g(t) = \cos[\omega_0 \cdot t + 0,5\mu \cdot t^2], \quad 0 < t < \tau_{И}; \quad (4)$$

В реальных условиях информационный ЛЧМ сигнал, поступающий на вход приемной стороны, не является точной копией излученного сигнала вследствие замираний. Однако вследствие того, что замирания являются некоррелированными для частот, разнесенных через 2 МГц [Тропосферная связь. / Л.И.Яковлев, Г.В.Дедюкин, Э.С.Каграманов и др. - М.: Воениздат, 1984. - 256 с., с.65], вероятность одновременного глубокого замирания сигнала на этих частотах значительно меньше вероятности столь же глубоких замираний на каждой из них в отдельности.

Исходя из [Ч.Кук, М.Бернфельд. Радиолокационные сигналы. Теория и применение. Перевод с английского под редакцией В.С.Кельзона. - М.: «Сов. радио», 1971 г., рис.1.8 и (1.19), с.24] при использовании фильтра сжатия отношение пиковых мощностей входного и выходного сигнала равно параметру сжатия $\tau_{И} \cdot \Delta F$. Т.е., например, при потере вследствие замираний 50% полосы полезного сигнала уровень сжатого импульса уменьшится всего в 1,41 раз. Поэтому благодаря использованию широкополосного (ЛЧМ) сигнала с полосой (соответствующей девиации частоты ΔF), составляющей десятки МГц, обеспечивается надежность связи.

Выделение информационного сигнала (логических «1» и «0») осуществляется с помощью селектирующих импульсов (стробов). С этой целью на вход приемной стороны поступает (см. фиг.3) синхронизирующий ЛЧМ радиоимпульс (пилот-сигнал «ПС»), для наведения стробов на информационные сигналы (см. фиг.4).

Параметры пилот-сигнала

$$S_{ПС}(t) = \cos[\omega_0 \cdot t - 0,5\mu \cdot t^2], \quad 0 < t < \tau_{И} \quad (5)$$

согласованы с импульсной характеристикой фильтра сжатия (3). Длительности сжатых пилот-сигнала, логического «0» и логической «1» (см. фиг.5) при использовании согласованного фильтра сжатия

$$\Delta\tau = \frac{1}{\Delta F}. \quad (6)$$

Начало формирования первого строба ($\tau_{СИ}^{(1)}$) задерживается (см. фиг.6) относительно пилот-сигнала на длительность бланка ($T_{БЛ}$)

$$T_{БЛ} = T - \Delta\tau^0 - \frac{\Delta\tau}{2}. \quad (7)$$

Длительность первого строба выбирается из условия

$$\tau_{СИ}^{(1)} = \Delta\tau^0 \quad (8)$$

Передний фронт второго строба ($\tau_{СИ}^{(2)}$) задерживается относительно заднего фронта первого строба (см. фиг.7).

Длительность второго строба ($\tau_{СИ}^{(3)}$) выбирается из условия

$$\tau_{СИ}^{(2)} = \Delta\tau^1 \quad (9)$$

Первый строб предназначен для выделения сигнала логического «0», а второй - логической «1» (см. фиг.8).

Для выделения информационного сигнала (с длительностью бита T) из сигнала, показанного на фиг.8, задаются сдвинутые на $7/2$ относительно пилот-сигнала тактовые импульсы (см. фиг.9) с периодом следования, равным T . Полученный на выходе приемника результирующий информационный сигнал представлен на фиг.10.

Одному биту бинарного информационного сигнала (фиг.1) после фильтра сжатия соответствует временной отрезок XY (фиг.11). Между концом Y этого отрезка и началом Z следующего отрезка (фиг.11), соответствующего следующему биту

бинарного информационного сигнала (фиг.1), умещается (фиг.11) K отрезков длины XY (K соответствует целой части отношения отрезков YZ и XY).

Поэтому можно организовать передачу и прием N бинарных информационных сигналов одновременно (т.е. осуществить временное уплотнение сигналов), увеличив число каналов формирования и обработки сигналов в N раз:

$$N = K + 1 = \left[\frac{YZ}{XY} \right] + 1 = \left[\frac{T - \Delta\tau^0 - \Delta\tau^1 - \Delta\tau}{\Delta\tau^0 + \Delta\tau^1 + \Delta\tau} \right] + 1 = \left[\frac{T}{\Delta\tau^0 + \Delta\tau^1 + \Delta\tau} \right] \quad (10)$$

Рассмотрим вопрос практической реализации способа.

Перенос модулированного по бинарному закону ЛЧМ сигнала в СВЧ диапазон с последующим усилением и излучением, а также прием СВЧ сигнала с последующим его усилением и преобразованием в промежуточную частоту можно реализовать стандартным способом (например, как в способе-прототипе).

Принятый и усиленный сигнал на промежуточной частоте для дальнейшей обработки оцифровывается с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Сигнал на промежуточной частоте, подготовленный для передачи, можно преобразовать с помощью цифроаналогового преобразователя (ЦАП).

Формирование стробов запуска ЛЧМ сигналов, формирование ЛЧМ сигналов, согласованную фильтрацию и сжатие принятого сигнала на промежуточной частоте, формирование селектирующих стробов и тактовых импульсов можно реализовать на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС).

Приведем пример используемой элементной базы: АЦП LTC2207IUK (Linear Technology), ЦАП AD9786BSV (Analog Devices), ПЛИС EP3C16Q240C8N (Altera).

Таким образом, использование совокупности сдвинутых по времени широкополосных (ЛЧМ) сигналов, ее обработки позволяет снизить влияние замираний при передаче и приеме информации в цифровых тропосферных линиях связи.

Кроме того, известно [Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д.Ширмана. - М.: Радиотехника, 2007. - 512 с.: ил., с.314], что расширение полосы частот сигналов (заметим, в частности, применение ЛЧМ сигнала) позволяет получить:

- повышение информативности радиоэлектронных средств (РЭС) передачи информации, защищенности от помех, электромагнитной совместимости РЭС и скрытности излучения;
- понижение вероятности преследования РЭС военного назначения.

Предлагаемый способ является новым, поскольку из общедоступных сведений не известны ни способы, ни устройства, позволяющие при простейшей (одна антенна, один приемник, один передатчик) реализации, но за счет применения широкополосных сигналов при приемлемой скорости передачи информации осуществлять эффективное снижение влияния замираний на качество приема.

Формула изобретения

Способ передачи и приема цифровой информации в тропосферных линиях связи, основанный на разнесении сигналов по частоте, отличающийся тем, что цифровая бинарная информация с тактовой частотой T передается во времени сигналами с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), служащими для частотного разноса, которые запускаются стробирующими импульсами запуска с задержками, зависящими от составляющих бинарного информационного сигнала, обрабатывают принимаемый сигнал на согласованном с ЛЧМ пилот-сигналом фильтре сжатия, выделяют сигнал с

логическими уровнями «0» и «1» с помощью селектирующих стробов, из которого формируют информационный бинарный сигнал с тактовой частотой T при помощи тактовых импульсов.

5

10

15

20

25

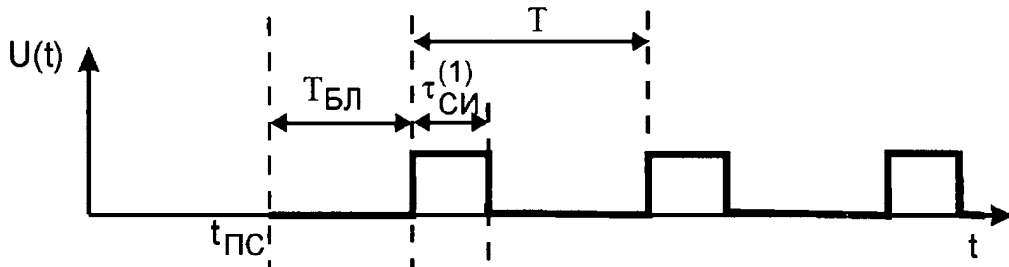
30

35

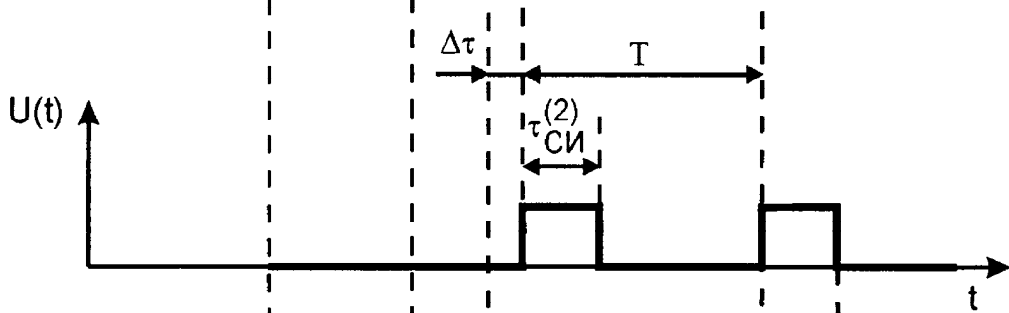
40

45

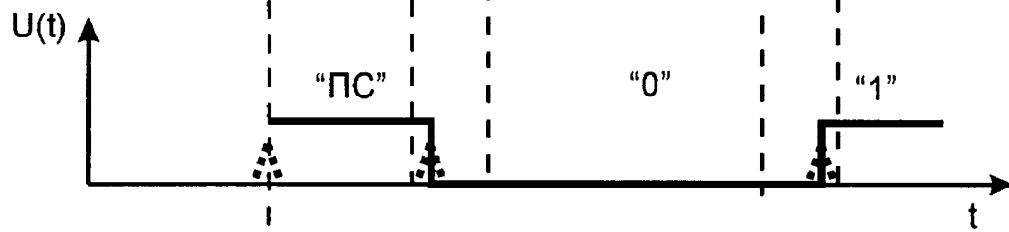
50



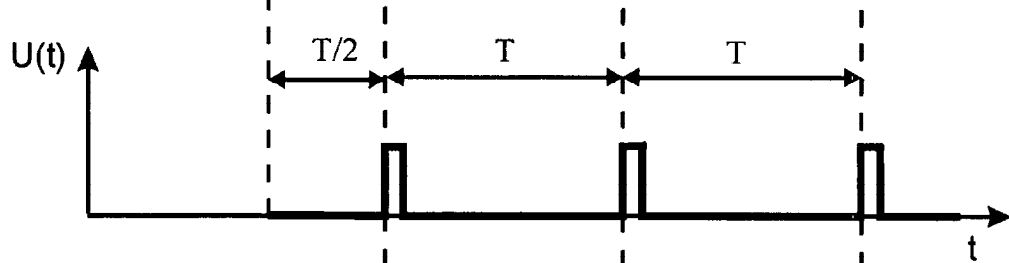
Фиг. 6



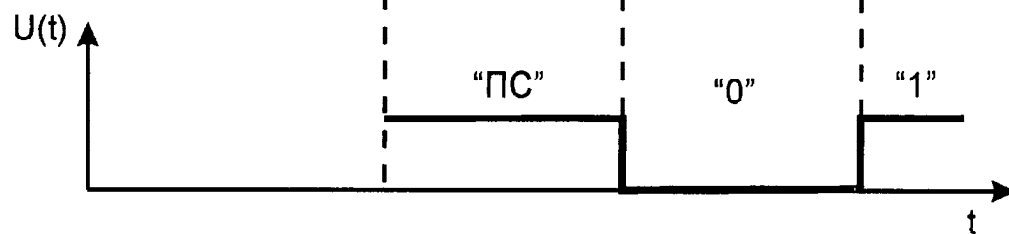
Фиг. 7



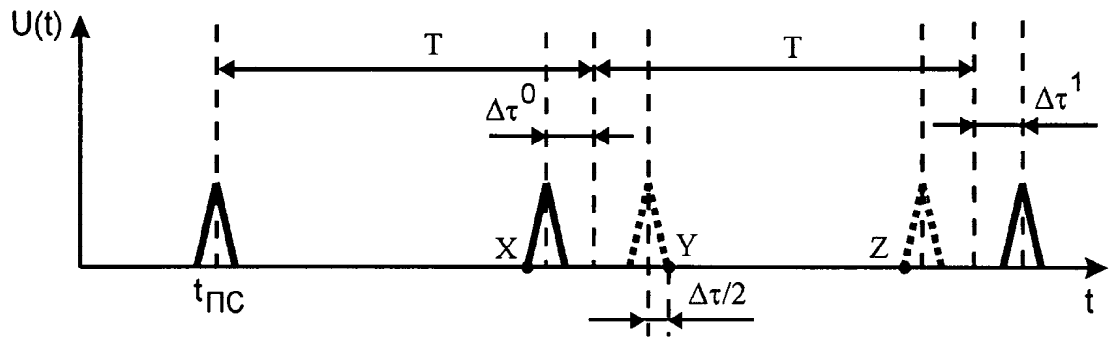
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11