



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04L 27/20 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020132207, 28.09.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.09.2020

Дата регистрации:
18.06.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.09.2020

(45) Опубликовано: 18.06.2021 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая
Морская, 67, лит. А, "Санкт-Петербургский
государственный университет
аэрокосмического приборостроения" (ГУАП),
ЦКНИ

(72) Автор(ы):

Дворников Сергей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2702750 C1, 11.10.2019. RU
2580821 C1, 10.04.2016. US 7280607 B2,
09.10.2007. ДВОРНИКОВ С.В. и др.
Параметрическая мимикрия сигналов,
модулированных колебаниями и
сформированных в различных
функциональных базах, ж.
"Информационные технологии" 2015, том 21,
4, с. 259-263.

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫХ ГИБРИДНЫХ
ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и может быть использовано в системах передачи информации посредством фазоманипулированных сигналов. Технический результат - повышение помехозащищенности формируемого гибридного фазоманипулированного сигнала. В способе формирования помехоустойчивых гибридных фазоманипулированных сигналов посредством последовательной конкатенации радиоимпульсов из цифровой последовательности формируют

управляющую импульсную последовательность. Затем формируют манипулирующие радиоимпульсы на основе гармонического колебания и вейвлета Гаусса первого порядка, в которых уменьшают длительности радиоимпульсов, сформированных на основе гармонического колебания, таким образом, чтобы полоса частот, занимаемого ими спектра была равной полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульсов, сформированных на основе вейвлета Гаусса первого порядка. 7 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H04L 27/20 (2021.02)

(21)(22) Application: **2020132207, 28.09.2020**

(24) Effective date for property rights:
28.09.2020

Registration date:
18.06.2021

Priority:

(22) Date of filing: **28.09.2020**

(45) Date of publication: **18.06.2021** Bull. № 17

Mail address:

**190000, Sankt-Peterburg, ul. Bolshaya Morskaya,
67, lit. A, "Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj
universitet aerokosmicheskogo priborostroeniya"
(GUAP), TSKNI**

(72) Inventor(s):

Dvornikov Sergej Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij
gosudarstvennyj universitet aerokosmicheskogo
priborostroeniya" (RU)**

(54) **METHOD FOR FORMATION OF INTERFERENCE HYBRID PHASOMANIPULATED SIGNALS**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of radio engineering and can be used in information transmission systems by means of phase-shift keyed signals. In the method for generating noise-immune hybrid phase-shift keyed signals by sequential concatenation of radio pulses, a control pulse sequence is formed from a digital sequence. Then, manipulating radio pulses are formed on the basis of harmonic oscillations and the Gaussian

wavelet of the first order, in which the duration of radio pulses formed on the basis of the harmonic oscillation is reduced, so that the frequency band of the spectrum occupied by them is equal to the frequency band occupied by the spectrum of radio pulses formed on the basis of the Gaussian wavelet first order.

EFFECT: increased noise immunity of the generated hybrid phase-shift keyed signal.

1 cl, 7 dwg

Изобретение относится к области радиотехники, и может быть использовано в системах передачи информации посредством фазоманипулированных сигналов (ФМС).

Известен способ формирования сигналов с постоянной огибающей и m -ичной фазовой манипуляцией (Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи. - М.: Радио и связь, 1988., с. 36, 37 рис. 2.1, а).

Способ заключается в том, что с помощью коммутатора формируют из цифрового информационного потока символов два потока соответственно четных и нечетных двоичных символов. Затем каждый из этих потоков подвергают цифро-аналоговому преобразованию (ЦАП), а потом перемножению (с помощью балансных модуляторов) с соответствующими квадратурными составляющими несущего (поднесущего) колебания. Результаты перемножения суммируют с помощью сумматора, на выходе которого получают фазоманипулированный сигнал.

Недостаток данного способа заключается в реализации нелинейных процедур перемножения, усложняющих практическую реализацию устройств на его основе.

Известен способ формирования сигналов с постоянной огибающей и m -ичной фазовой манипуляцией (Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи. - М.: Радио и связь, 1988., с. 83, рис. 3.3), заключающийся в следующем: цифровую последовательность, связанную с информационными символами, разделяют на две цифровые информационные последовательности, подвергают каждую из полученных последовательностей ЦАП в соответствующем цифро-аналоговом преобразователе. Перемножают один из полученных сигналов с синфазной составляющей несущего (поднесущего) колебания, а другой - с квадратурной составляющей несущего (поднесущего) колебания. Складывая в сумматоре результаты перемножения, на выходе сумматора получают ФМС.

Недостаток данного способа заключается в реализации нелинейных процедур перемножения, усложняющих практическую реализацию устройств на его основе.

Наиболее близким по своей технической сущности к заявляемому изобретению является «Способ формирования гибридных фазоманипулированных сигналов (ГФС) посредством последовательной конкатенации радиоимпульсов» (Патент, 2702750 МПК H04L 27/20, опубл. 27.11.2018 Бюл. №29).

Сущность способа-прототипа заключающийся в том, что из цифровой последовательности информационных нулей и единиц формируют колебания, которые суммируют, при этом из цифровой последовательности информационных нулей и единиц формируют управляющую импульсную последовательность (УИП), причем длительности каждого из импульсов сформированной УИП равны между собой, и соответствуют предварительно заданной скорости манипуляции ГФС, затем формируют манипулирующие радиоимпульсы, для манипуляции информационных нулей и единиц, а в качестве радиоимпульсов выбирают гармоническое колебание на длительности одного периода и вейвлет Гаусса первого порядка, при этом амплитудное значение вейвлета Гаусса первого порядка уменьшают до уровня значения амплитуды гармонического колебания, причем длительность периода гармонического колебания и длительность вейвлета Гаусса первого порядка, определенных в качестве манипулирующих радиоимпульсов, выбирают равными длительностям импульсов сформированной УИП, формируют результирующие ГФС посредством последовательной конкатенации манипулирующих радиоимпульсов с использованием ключевого устройства с двумя входами (КУДВ), для чего манипулирующие радиоимпульсы подают на КУДВ, входы которого переключают под воздействием сформированной УИП, при этом на первый вход КУДВ подают радиоимпульс,

сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, а на второй вход - подают радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, сформированные радиоимпульсы подают на входы КУДВ таким образом, чтобы их фазы в результирующих ГФС были противоположными друг другу, при этом, если для манипуляции информационного нуля используют радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, то для манипуляции информационной единицы используют радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, и, наоборот, в случае изменения скорости манипуляции изменяют длительности каждого из импульсов сформированной УИП, и, соответственно, длительность периода гармонического колебания и длительность вейвлета Гаусса первого порядка, определенных в качестве манипулирующих радиоимпульсов, а на выходе КУДВ получают результирующие ГФС, сформированные посредством последовательной конкатенации радиоимпульсов.

Однако способ-прототип имеет относительно низкую помехозащищенность, связанную с различием спектральных свойств базисных радиоимпульсов. Так ширина спектра радиоимпульса, сформированного из вейвлета Гаусса больше ширины спектра радиоимпульса, сформированного на основе гармонического колебания. Следовательно, при приеме гибридного сигнала, сформированного на основе способа-прототипа, фильтр, оптимальный для приема фрагментов, сформированный на основе вейвлета Гаусса, будет неоптимальным для приема фрагментов, сформированных на основе гармонических радиоимпульсов.

Задачей изобретения является создание способа, позволяющего уменьшить длительности радиоимпульсов, сформированных на основе гармонического колебания таким образом, чтобы полоса частот, занимаемого ими спектра была равной полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульсов, сформированных на основе вейвлета Гаусса первого порядка.

Техническим результатом является повышение помехозащищенности формируемого гибридного сигнала.

Технический результат достигается тем, что из цифровой последовательности информационных нулей и единиц формируют управляющую импульсную последовательность, затем формируют манипулирующие радиоимпульсы, для манипуляции информационных нулей и единиц, а в качестве радиоимпульсов выбирают гармоническое колебание на длительности одного периода и вейвлет Гаусса первого порядка, при этом амплитудное значение вейвлета Гаусса первого порядка уменьшают до уровня значения амплитуды гармонического колебания формируют результирующие гибридные фазоманипулированные сигналы посредством последовательной конкатенации манипулирующих радиоимпульсов с использованием ключевого устройства с двумя входами, для чего манипулирующие радиоимпульсы подают на ключевое устройство с двумя входами, входы которого переключают под воздействием сформированной управляющей импульсной последовательности, при этом на первый вход ключевого устройства с двумя входами подают радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, а на второй вход - подают радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, сформированные радиоимпульсы подают на входы ключевого устройства с двумя входами таким образом, чтобы их фазы в результирующих гибридных фазоманипулированных сигналах были противоположными друг другу, при этом если для манипуляции информационного нуля используют радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, то для манипуляции

информационной единицы используют радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, и наоборот, причем длительность радиоимпульсов сформированных на основе гармонического колебания, подбирают таким образом, чтобы полоса частот, занимаемого ими спектра была равной полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульсов, сформированных на основе вейвлета Гаусса первого порядка.

Технический результат достигается за счет введения новых существенных действий, что позволяет уменьшить длительности радиоимпульсов, сформированных на основе гармонического колебания, в результате которого полоса частот, занимаемая их спектром, будет равна полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульса на основе вейвлета Гаусса, обеспечивается возможность оптимального приема гибридного сигнала.

Заявляемое техническое решение поясняется чертежами, где на фиг. 1 показан общий принцип формирования гибридных сигналов на основе радиоимпульсов различной длительности;

на фиг. 2 показаны временные эпюры радиоимпульсов, используемых для формирования ГФС равной длительности; $S1(t)$ - радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания; $Z1(t)$ - радиоимпульс, сформированный на основе вейвлета Гаусса первого порядка до выравнивания его амплитуды; $Z(t)$ - радиоимпульс, сформированный на основе вейвлета Гаусса первого порядка после выравнивания его амплитуды (далее по тексту - радиоимпульс, сформированный на основе вейвлета Гаусса первого порядка);

на фиг. 3 показаны модули спектры радиоимпульсов $|Z(f)|$ и $|S1(f)|$, используемых для формирования ГФС равной длительности; $|S1(f)|$ - сформированный из $S1(t)$; $|Z(f)|$ - сформированный из $Z(t)$;

на фиг. 4 показаны радиоимпульсы различной длительности: $Z(t)$ - сформированного на основе вейвлета Гаусса первого порядка, и $S(t)$ - сформированного из гармонического колебания; при этом длительность $S(t)$ уменьшена таким образом, чтобы обеспечить равенство спектров сигналов $Z(t)$ и $S(t)$;

на фиг. 5 показаны модули спектров радиоимпульсов $|Z(f)|$ и $|S(f)|$, используемых для формирования ГФС; $|Z(f)|$ - сформированный из $Z(t)$; $|S(f)|$ - сформированный из $Z(t)$;

на фиг. 6 показан результирующий ГФС $Z3(t)$, сформированный на основе способа-прототипа;

на фиг. 7 показан результирующий ГФС $Z4(t)$, сформированный на основе заявляемого изобретения.

Реализация заявляемого способа формирования ГФС посредством последовательной конкатенации радиоимпульсов предусматривает выполнение следующих операций.

1. Из цифровой последовательности информационных нулей и единиц, см. фиг. 1а, формируют импульсную последовательность, см. фиг. 1б.

В общем случае, последовательность может быть любой:

нулю соответствовать импульс положительной полярности, а единице - отрицательной;

нулю соответствовать импульс отрицательной полярности, а единице - положительной, и т.д.

2. Формируют манипулирующие радиоимпульсы для манипуляции информационных нулей и единиц. В качестве радиоимпульсов выбирают гармоническое колебание на длительности одного периода и вейвлет Гаусса первого порядка. При этом амплитудное значение вейвлета Гаусса первого порядка уменьшают до уровня значения амплитуды

гармонического колебания, см. фиг. 2.

3. Длительность радиоимпульсов сформированных на основе гармонического колебания, подбирают таким образом, чтобы полоса частот, занимаемого ими спектра была равной полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульсов, сформированных на основе вейвлета Гаусса первого порядка.

Для этого последовательно уменьшают длительность каждого радиоимпульса сформированного на основе гармонического колебания до тех пор, пока полоса частот, занимаемая его спектром, не станет равной полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульса, сформированного на основе вейвлета Гаусса первого порядка.

В качестве примера на фиг. 2 показаны временные эпюры базисных формирующих сигналов одинаковой длительности: $S_1(t)$ - сформированный из гармонического колебания; $Z(t)$ - сформированный на основе вейвлета Гаусса первого порядка. На фиг. 3 изображены модули спектров базисных формирующих сигналов $S_1(t)$ и $Z(t)$. На фиг. 4 показаны временные эпюры базисных формирующих сигналов различной длительности: $S(t)$ - сформированный из гармонического колебания; $Z(t)$ - сформированный на основе вейвлета Гаусса первого порядка, ширина спектра которых одинакова (см. фиг. 5).

4. Формируют искомые ГФС посредством последовательной конкатенации манипулирующих радиоимпульсов на основе КУДВ, см. фиг. 1д. Для чего манипулирующие радиоимпульсы подают на КУДВ, входы которого переключают под воздействием сформированной УИП. На первый вход КУДВ подают радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания $S(t)$ на длительности одного периода, см. фиг. 1г, а на второй вход КУДВ подают радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка $Z(t)$, см. фиг. 1в.

5. Сформированные радиоимпульсы подают на входы КУДВ таким образом, чтобы их фазы в результирующих ГФС были противоположными друг другу. Если для манипуляции информационного нуля используют радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, то для манипуляции информационной единицы используют радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, и наоборот, см. фиг. 1.

Реализация указанных процедур обеспечивает фазовые различия, на основании которых на приеме принимают решение о передаваемом информационном символе.

6. Результирующие ГФС, сформированные посредством последовательной конкатенации радиоимпульсов, получают на выходе КУДВ.

Сам процесс конкатенации реализован посредством ключевой схемы. В качестве примера, на фиг. 1д показан принцип формирования ГФС путем последовательной конкатенации радиоимпульсов, подключаемых посредством ключа.

В качестве примера на фиг. 6 показан фрагмент результирующего гибридного сигнала $Z_3(t)$, сформированного на основе способа прототипа, а на фиг. 7 фрагмент $Z_4(t)$, сформированного на основе заявляемого изобретения.

Гибридность результирующего сигнала заключается в том, для его формирования использованы фрагменты радиосигналов из различных функциональных базисов. В заявляемом способе гибридный сигнал формируют из базиса гармонических функций и из базиса функций вейвлетов.

В способе прототипе предлагается формировать базисные радиосигналы одинаковой длительности. В результате чего спектры радиоимпульсов, сформированных из гармонического колебания, будут занимать гораздо меньшую полосу частот, чем спектры радиоимпульсов, сформированных из вейвлета Гаусса первого порядка, см.

фиг. 2 и фиг. 3.

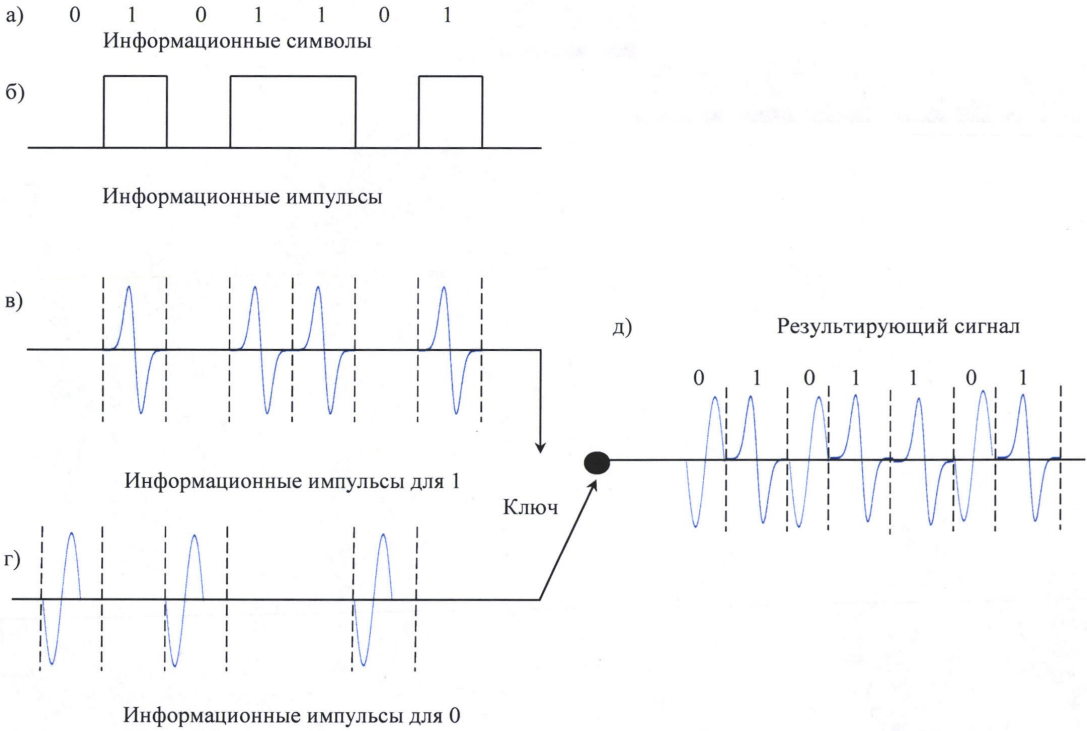
Следовательно, при организации приема гибридных сигналов, формируемых в соответствии со способом-прототипом, невозможно будет подобрать параметры входного фильтра так, чтобы они одновременно были согласованы с шириной спектра радиоимпульсов, сформированных из вейвлета Гаусса первого порядка, и с шириной спектра радиоимпульсов, сформированных из гармонического колебания. Указанные обстоятельства приведут к снижению помехозащищенности.

В заявленном способе уменьшение длительности радиоимпульсов, сформированных из гармонического колебания, приводит к увеличению полосы частот, занимаемой их спектрами до значения полосы частот, занимаемой спектрами радиоимпульсов, сформированных из вейвлета Гаусса первого порядка, см. фиг. 4 и фиг. 5. В результате чего согласованный прием гибридных сигналов, сформированных указанным образом, будет возможен при одних и тех же параметрах входного фильтра.

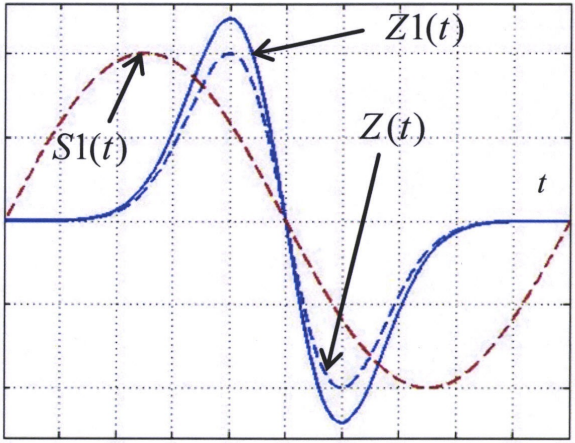
(57) Формула изобретения

Способ формирования помехозащищенных гибридных фазоманипулированных сигналов, заключающийся в том, что из цифровой последовательности информационных нулей и единиц формируют управляющую импульсную последовательность, затем формируют манипулирующие радиоимпульсы, для манипуляции информационных нулей и единиц, а в качестве радиоимпульсов выбирают гармоническое колебание на длительности одного периода и вейвлет Гаусса первого порядка, при этом амплитудное значение вейвлета Гаусса первого порядка уменьшают до уровня значения амплитуды гармонического колебания, формируют результирующие гибридные фазоманипулированные сигналы посредством последовательной конкатенации манипулирующих радиоимпульсов с использованием ключевого устройства с двумя входами, для чего манипулирующие радиоимпульсы подают на ключевое устройство с двумя входами, входы которого переключают под воздействием сформированной управляющей импульсной последовательности, при этом на первый вход ключевого устройства с двумя входами подают радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, а на второй вход - подают радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, сформированные радиоимпульсы подают на входы ключевого устройства с двумя входами таким образом, чтобы их фазы в результирующих гибридных фазоманипулированных сигналах были противоположными друг другу, при этом если для манипуляции информационного нуля используют радиоимпульс, сформированный из гармонического колебания на длительности одного периода, то для манипуляции информационной единицы используют радиоимпульс, сформированный из вейвлета Гаусса первого порядка, и наоборот, отличающийся тем, что длительность радиоимпульсов сформированных на основе гармонического колебания, подбирают таким образом, чтобы полоса частот, занимаемого ими спектра была равной полосе частот, занимаемой спектром радиоимпульсов, сформированных на основе вейвлета Гаусса первого порядка.

1

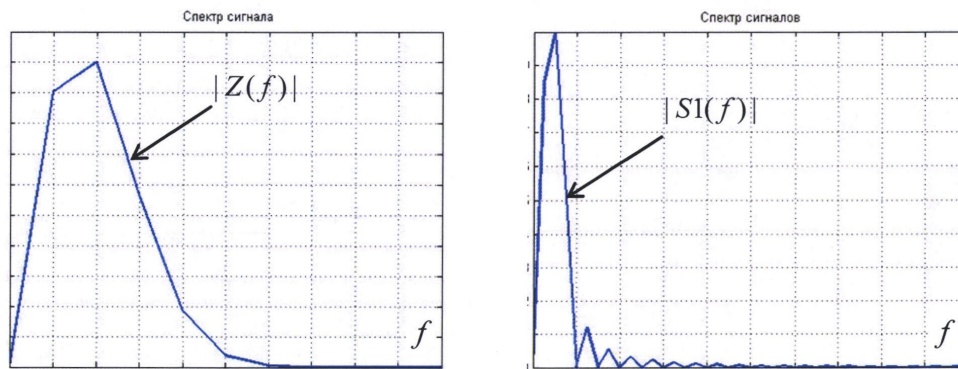


Фиг. 1

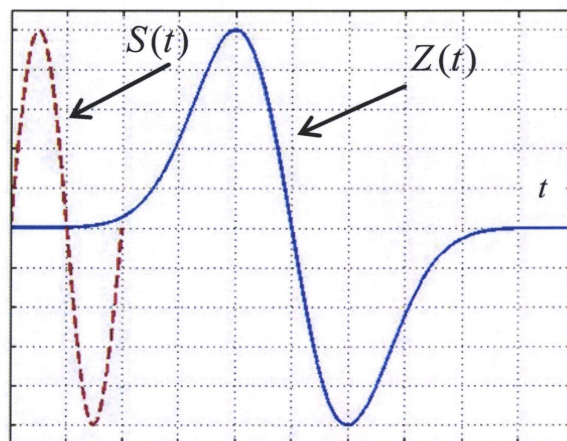


Фиг. 2

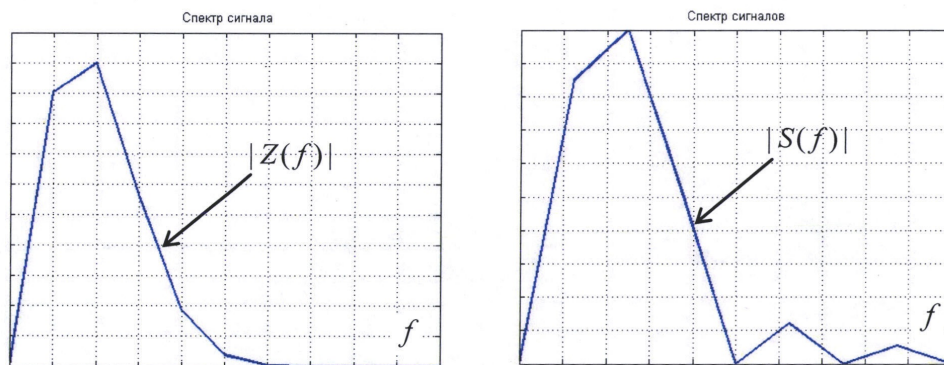
2



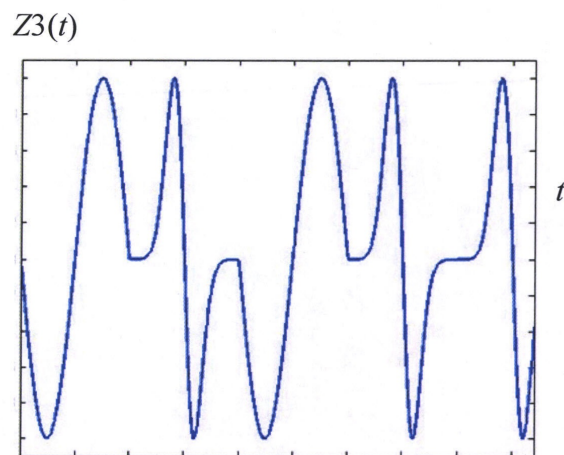
Фиг. 3



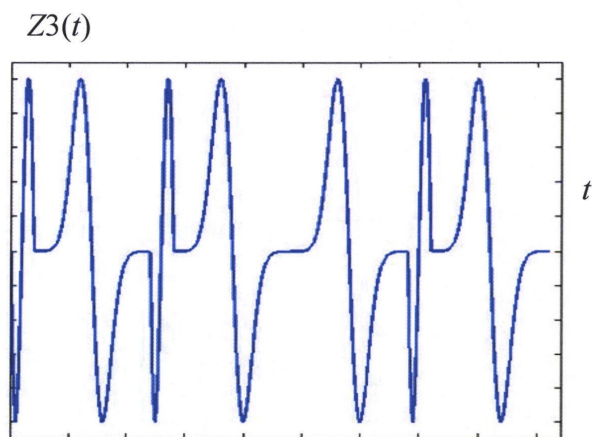
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7