



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01R 15/241 (2019.08); *G02B 2006/12121* (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019124481, 01.08.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.08.2019

Дата регистрации:
26.02.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.08.2019

(45) Опубликовано: 26.02.2020 Бюл. № 6

Адрес для переписки:
420202, рес. Татарстан, г. Казань, АО
Артпатент, а/я 43, Сунгатуллина Надежда
Николаевна

(72) Автор(ы):

Смирнов Александр Борисович (RU),
Карпенко Олег Иванович (RU),
Муллин Фанис Фагимович (RU),
Морозов Олег Геннадьевич (RU),
Нуреев Ильнур Ильдарович (RU),
Фасхутдинов Ленар Маликович (RU),
Сахабутдинов Айрат Жавдатович (RU),
Кузнецов Артем Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"М12СИСТЕМС" (RU)

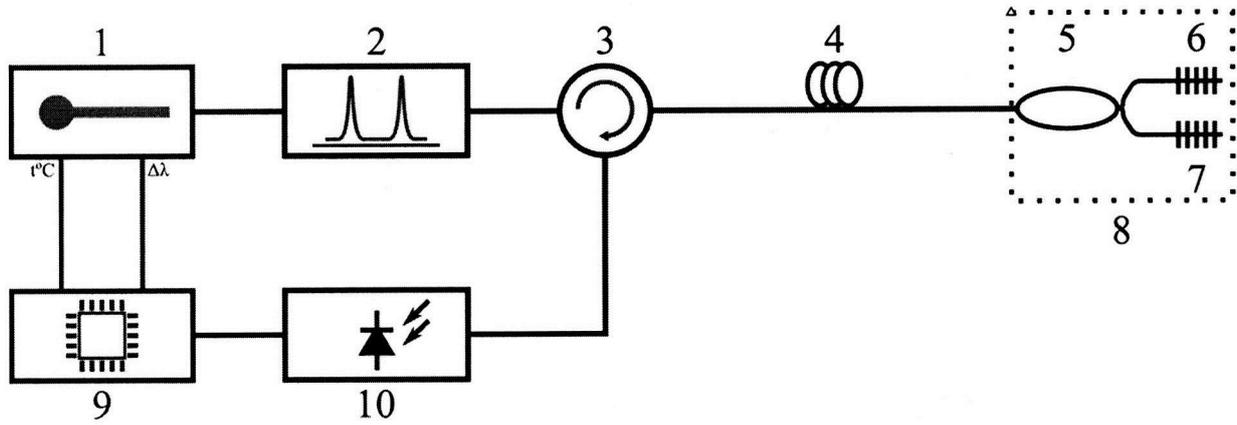
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: BY 9176 C1, 30.04.2007. BY 7046 C1,
30.06.2005. RU 111679 U1, 20.12.2011. RU 171551
U1, 06.06.2017. DE 102012223089 B4, 12.11.2015.

(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике оптикоэлектронных измерений, в частности к способам и устройствам для измерения напряжения параметров переменных электрических полей. Волоконно-оптический измеритель напряжения содержит источник лазерного излучения, устройство оптической развязки, первый выход которого соединен с волоконно-оптическим световодом, а второй – с входом фотоприемника, первый чувствительный элемент на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере так, чтобы находиться под действием ненулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, и микропроцессорный блок управления и измерения напряжения, вход которого подключен к выходу фотоприемника, первый выход – к входу управления температурой лазера, второй выход – к входу управления

длиной волны излучения лазера. Также в волоконно-оптический датчик измерения дополнительно введены второй чувствительный элемент на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере так, чтобы находиться под воздействием нулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, волоконно-оптический коммутатор, периодически соединяющий первый и второй чувствительные элементы с волоконно-оптическим световодом, и формирователь двухчастотного зондирующего излучения, установленный между лазером и входом устройства оптической развязки. Технический результат – создание волоконно-оптического измерителя напряжения с высокой точностью измерения напряжения переменного электрического поля. 3 ил.



ФИГ.1

RU 2715347 C1

RU 2715347 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 15/22 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01R 15/241 (2019.08); *G02B 2006/12121* (2019.08)

(21)(22) Application: **2019124481, 01.08.2019**
(24) Effective date for property rights:
01.08.2019
Registration date:
26.02.2020
Priority:
(22) Date of filing: **01.08.2019**
(45) Date of publication: **26.02.2020** Bull. № 6
Mail address:
420202, res. Tatarstan, g. Kazan, AO Artpatent, a/ya 43, Sungatullina Nadezhda Nikolaevna

(72) Inventor(s):
**Smirnov Aleksandr Borisovich (RU),
Karpenko Oleg Ivanovich (RU),
Mullin Fanis Fagimovich (RU),
Morozov Oleg Gennadevich (RU),
Nureev Ilnur Ildarovich (RU),
Faskhutdinov Lenar Malikovich (RU),
Sakhabutdinov Airat Zhavdatovich (RU),
Kuznetsov Artem Anatolevich (RU)**
(73) Proprietor(s):
OOO «M12SYSTEMS» (RU)

(54) **FIBER-OPTIC VOLTAGE METER**

(57) Abstract:

FIELD: measurement technology.
SUBSTANCE: invention relates to the field of optoelectronic measurements, in particular to methods and devices for measuring voltage of parameters of alternating electric fields. Fiber-optic voltage meter comprises a laser radiation source, an optical decoupling device, the first output of which is connected to the fiber-optic light guide, and the second output is connected to the input of the photodetector, first sensitive element based on fiber Bragg grating, installed in measuring chamber so that to be under action of non-zero voltage component of measured electric field, and a microprocessor voltage control and measurement unit, the input of which is connected to the photodetector output, first output – to laser temperature control input,

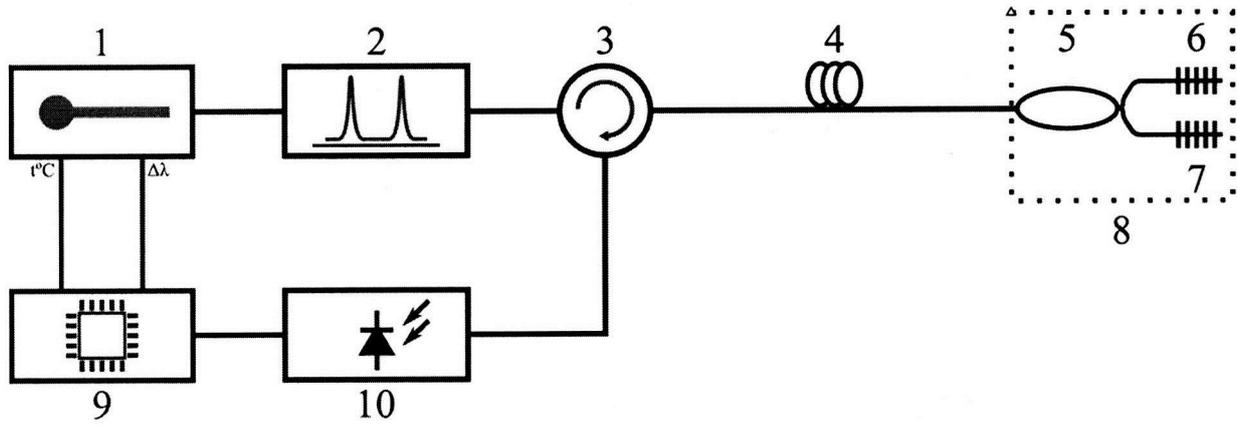
second output – to laser emission wavelength control input. Also, the fiber-optic measurement sensor additionally includes a second sensitive element based on the fiber Bragg grating, installed in the measuring chamber so as to be under the effect of the zero component of the voltage of the measured electric field, a fiber-optic switch which periodically couples the first and second sensitive elements to a fiber-optic light guide, and a dual-frequency probing radiation former mounted between the laser and the input of the optical decoupling device.

EFFECT: design of a fiber-optic voltage meter with high accuracy of measuring voltage of an alternating electric field.

1 cl, 3 dwg

RU 2 715 347 C1

RU 2 715 347 C1



ФИГ.1

RU 2715347 C1

RU 2715347 C1

Изобретение относится к технике оптикоэлектронных измерений, в частности к способам и устройствам для измерения напряжения переменных электрических полей с помощью оптических датчиков, включая датчики в волоконно-оптическом и интегральном исполнении (брэгговские структуры), у которых существует зависимость смещения по длине волны их спектральной, как правило, резонансной характеристики, в зависимости от напряжения приложенного переменного электрического поля.

Известны способы измерения параметров электрического поля, основанные на электрооптическом преобразовании электрической величины напряжения в изменение угла поляризации оптического излучения в электрооптических кристаллах с эффектом Поккельса (патенты: RU2579541, опубл. 10.04.2016, RU71441, опубл. 10.03.2008, RU2539114, опубл. 10.01.2015), а также основанные на электрострикционном преобразовании изменения электрических величин в сдвиг центральной длины волны волоконной брэгговской решетки (патент US9977056, опубл. 22.05.2018г.).

Устройства, основанные на эффекте Поккельса, содержат объемные элементы, такие как коллимирующие линзы, поляризатор и анализатор, электрооптический кристалл. Принцип работы заключается в том, что линейно-поляризованный свет, прошедший через электрооптический кристалл, к которому приложено электрическое напряжение, меняет угол линейной поляризации; после прохождения анализатора, изменение угла поляризации преобразуется в изменение амплитуды выходного сигнала, которое прямо пропорционально зависит от измеряемого электрического параметра. Недостатком данных устройств является сложность юстировки объемных оптических компонентов; низкая вибростойкость; малый динамический диапазон измерений, ограничивающийся углом поляризации; повторяемость измерительной характеристики на высоких напряжениях, приводящая к неоднозначности определения измеряемой величины и невозможности детектирования кратковременных превышений; нелинейная зависимость характеристик ячейки Поккельса от температуры окружающей среды.

Волоконно-оптический измеритель напряжения по патенту US9977056 основанный на применении волоконной брэгговской решетки, содержит последовательно включенные узкополосный источник лазерного излучения, устройство оптической развязки, измерительную волоконную брэгговскую решетку и фотоприемник. Центральная длина волны узкополосного источника совпадает с брэгговской длиной волны решетки или находится на ее склоне. При смещении спектрального профиля ВБР под воздействием электрического напряжения происходит изменение интегральной мощности, отраженной на фотоприемник, затем анализируется амплитуда продетектированного сигнала, по которой определяется напряжение. Недостатками данного устройства являются: необходимость жесткой термостабилизации измерительной ВБР, так как отклонение ее центральной длины волны при воздействии температуры приведет к расстройке калибровочной характеристики устройства ввиду нелинейности профиля решетки или падению мощности отраженного излучения вплоть до полной потери сигнала; низкое отношение сигнал-шум измерений, ввиду того, что на выходе фотоприемника анализируется амплитуда изменяющейся составляющей на частоте 50 Гц (при измерении сетевого напряжения), лежащая в области максимальных шумов фотоприемника. Данное устройство выбрано в качестве прототипа.

Техническая задача заявляемого изобретения заключается в повышении точности измерения напряжения переменного электрического поля.

Технический результат – создание волоконно-оптического измерителя напряжения с высокой точностью измерения напряжения переменного электрического поля.

Технический результат достигается тем, что в волоконно-оптический измеритель

напряжения, содержащий источник лазерного излучения, устройство оптической развязки, первый выход которого соединен с волоконно-оптическим световодом, а второй с входом фотоприемника, первый чувствительный элемент на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере так, чтобы находиться под действием ненулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, и микропроцессорный блок управления и измерения напряжения, вход которого подключен к выходу фотоприемника, первый выход - к входу управления температурой лазера, второй выход – к входу управления длиной волны излучения лазера, дополнительно введены второй чувствительный элемент на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере так, чтобы находиться под воздействием нулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, волоконный коммутатор, периодически соединяющий первый и второй чувствительные элементы с волоконно-оптическим световодом, и формирователь двухчастотного зондирующего излучения, установленный между лазером и входом устройства оптической развязки.

Устройство согласно заявляемому изобретению выполнено с использованием оптического датчика на основе волоконной брэгговской решетки (ВБР).

Принцип работы оптического измерителя с использованием ВБР заключается в следующем.

При прохождении одночастотного лазерного излучения через оптическое волокно с чувствительным элементом на ВБР определенная часть его отражается в зависимости от длины волны лазерного излучения и ее положения на спектральной характеристике ВБР. При настройке лазера на брэгговскую длину волны ВБР отражение будет максимально. Во избежание неоднозначности измерений рабочую точку выбирают на линейном склоне спектральной характеристики ВБР.

Температурное и механическое воздействие (например, электрострикция) на ВБР (растяжение или сжатие) приводит к изменению интервала между штрихами периодической структуры решетки, что влечет за собой изменение положения центральной длины волны ВБР относительно длины волны излучения лазера. Растяжение ВБР приводит к увеличению центральной длины волны отраженного сигнала по сравнению с ВБР в невозмущенном состоянии, сжатие, в свою очередь, приводит к уменьшению центральной длины волны отраженного сигнала. Сам профиль отраженного сигнала не меняется, происходит лишь его сдвиг по длине волны в сторону увеличения (растяжение/нагрев) или уменьшения (сжатие/охлаждение) центральной длины волны. При этом доля отраженного лазерного излучения соответственно увеличивается или уменьшается с частотой изменения переменного электрического поля, а его амплитуда зависит от величины приложенного поля. Величина периода ВБР в невозмущенном состоянии является главной ее характеристикой, которая задается в момент создания ВБР и является калибровочной. Абсолютная величина центральной длины волны не имеет большого значения, важным является лишь изменение центральной длины волны относительно невозмущенного состояния. Таким образом, по изменению амплитуды отраженного излучения можно судить о величине напряжения переменного электрического поля.

В заявляемом изобретении для повышения точности измерения электрического переменного напряжения с использованием ВБР предложено использование двухчастотного формирователя зондирующего излучения. При этом формируется излучение в виде пары сигналов одинаковой амплитуды: со средней частотой, соответствующей определенной частоте полосы пропускания ВБР в отсутствие

приложенного электрического поля, и разностной частотой, достаточно узкой, для того чтобы оба сигнала попали в указанную полосу пропускания во всем диапазоне приложенных напряжений. Сформированная пара сигналов передается к чувствительному элементу и по отраженному сигналу вычисляют напряжение переменного электрического поля. Анализ отраженного сигнала производится на частоте биений между компонентами двухчастотного зондирующего излучения, лежащей в радиочастотном диапазоне, из изменения амплитуды которого в микропроцессорном блоке управления и измерения напряжения извлекается сигнал на частоте 50 Гц, отражающий изменения напряжения электрического поля и температуры в измерительной камере. Такая процедура позволяет пренебречь шумами фотоприемника, лежащими в области низких частот (50 Гц) как в прототипе и соответственно повысить точность измерений.

Также повышение точности измерений достигается за счет температурной компенсации чувствительного элемента, основанной на использовании второго чувствительного элемента на волоконной брэгговской решетке, находящегося в зоне измерения, но измеряющей только температуру, поскольку он установлен так, что переменное электрическое поле на него не действует. Анализ сигнала производится в микропроцессорном блоке управления и измерения напряжения на частоте биений между компонентами двухчастотного зондирующего излучения, лежащей в радиочастотном диапазоне, с нулевой составляющей сигнала на частоте 50 Гц, поскольку он установлен так, что на него не действует переменное напряжение электрического поля, например, ортогонально его силовым линиям. В последующем вычитанием полученных данных со второго чувствительного элемента из данных первого обеспечивается получение только составляющей, отражающей напряжение переменного электрического поля. Подключение чувствительных элементов осуществляется периодически с помощью волоконного коммутатора.

Осуществление изобретения

Структурная схема заявляемого устройства представлена на фиг. 1.

На фиг. 2 представлен график, иллюстрирующий ситуационное взаимное расположение ВБР и двухчастотного зондирующего излучения.

На фиг. 3 представлен график, иллюстрирующий изменение модуля огибающей.

Волоконно-оптический измеритель напряжения (фиг. 1) содержит источник лазерного излучения 1, формирователь двухчастотного зондирующего излучения 2, устройство оптической развязки 3, первый выход которого соединен с волоконно-оптическим световодом 4, а второй с входом фотоприемника 10, первый чувствительный элемент 6 на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере 8 так, чтобы находиться под действием ненулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, второй чувствительный элемент 7 на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере 8 так, чтобы находиться под воздействием нулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, волоконный коммутатор 5, периодически соединяющий первый 6 и второй 7 чувствительные элементы с волоконно-оптическим световодом 4 и микропроцессорный блок управления и измерения напряжения 9, вход которого подключен к выходу фотоприемника 10, первый выход - к входу управления температурой лазера 1, а второй выход - к входу управления длиной волны излучения лазера 1.

Формирователь зондирующего излучения 2 может быть выполнен на основе амплитудного электрооптического модулятора, работающего в нулевой рабочей точке,

тандемного амплитудно-фазового преобразования одночастотного излучения в симметричное двухчастотное с подавленной несущей, волоконного двухчастотного лазера и многих других устройств, позволяющих получить двухчастотное излучение с
5 возможностью перестройки разностной и средней частоты лазерного излучения для их настройки в полосе пропускания ВБР чувствительных элементов 6 и 7.

Исключение влияния колебаний температуры на показания достигается за счет присутствия в составе волоконно-оптического измерителя напряжения второго чувствительного элемента 7 на основе ВБР, предназначенного для измерения
10 температуры и не подверженного влиянию электрического поля. Это обеспечено за счет размещения второго чувствительного элемента 7 на основе ВБР параллельно обкладкам. Все относительные деформации второго чувствительного элемента 7 на основе ВБР вычитаются из показаний первого чувствительного элемента 6 на основе ВБР в процессе обработки. Чувствительные элементы 6 и 7 на основе ВБР могут быть
15 выполнены идентичными и периодически подключаются к волоконно-оптическому световоду 4 с помощью волоконного коммутатора.

Устройство оптической развязки 3 может быть выполнено по схемам оптического циркулятора или сплиттера.

Канал детектирования оптического излучения содержит последовательно соединенные фотоприемник 10 и микропроцессорный блок управления и измерения
20 напряжения 9 для определения параметров переменного напряжения электрического поля.

Устройство работает следующим образом:

Для измерения электрических величин, источник лазерного излучения 1 формирует узкополосное оптическое излучение, подаваемое на формирователь двухчастотного
25 зондирующего излучения 2, который формирует излучение в виде пары сигналов одинаковой амплитуды: со средней частотой, соответствующей определенной частоте полосы пропускания ВБР в отсутствие приложенного электрического поля, и разностной частотой, достаточно узкой, для того чтобы оба сигнала попали в указанную полосу
30 пропускания. Сформированный сигнал, через устройство оптической развязки 3 поступает в волоконно-оптический световод 4 и через волоконно-оптический коммутатор 5 поступает на размещенные в измерительной камере 8 первый чувствительный элемент на основе ВБР 6, находящийся под влиянием электрического поля и второй чувствительный элемент на основе ВБР 7, не находящийся под влиянием
35 электрического поля. Фотоприемник 10 осуществляет оптоэлектронное преобразование двухчастотного оптического излучения в радиочастотный сигнал биений на разностной частоте между компонентами двухчастотного лазерного излучения, которая содержит при отражении от первого чувствительного элемента 6 составляющую на частоте переменного электрического поля и составляющую, соответствующую изменению
40 длины волны ВБР от температуры, а от второго чувствительного элемента 7 только от изменения температуры. Чувствительные элементы 6 и 7 подключаются к фотоприемнику периодически с помощью волоконно-оптического коммутатора 5.

На фиг. 2 изображено взаимодействие сформированного двухчастотного излучения с волоконными брэгговскими решетками: температурной ($t=0.0025$) и находящейся под
45 воздействием электрической величины ($t=0$). Пунктирными линиями обозначены амплитуды отраженных зондирующих сигналов.

По полученным значениям и заложенным в микропроцессорном блоке управления и измерения напряжения 9 калибровочным зависимостям амплитуд биений от напряжения переменного электрического поля и температуры однозначно определяется

величина приложенного напряжения переменного электрического поля.

На фиг. 3 изображено изменение после фотодетектирования коэффициента модуляции огибающей, амплитуда которой прямо пропорциональна величине приложенного электрического воздействия.

5 Устройство может быть использовано как для измерения переменных электрических величин, так и постоянных.

Таким образом, заявляемое решение позволяет повысить точность измерения напряжения переменного электрического поля за счет того, что:

- 10 - анализ сигнала производится на частоте биений, лежащей в радиочастотном диапазоне, что позволяет пренебречь шумами фотоприемника, лежащими в около-нулевой области частот;
- температурная компенсация первого чувствительного элемента осуществляется путем применения второго чувствительного элемента на идентичной волоконной брэгговской решетке, периодически подключаемой для получения сигнала компенсации
- 15 к схеме измерений с помощью волоконно-оптического коммутатора.

(57) Формула изобретения

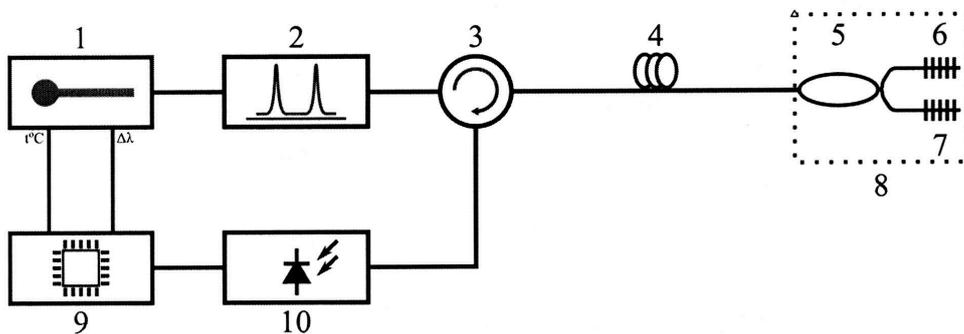
Волоконно-оптический измеритель напряжения, содержащий источник лазерного излучения, устройство оптической развязки, первый выход которого соединен с
20 волоконно-оптическим световодом, а второй - с входом фотоприемника, первый чувствительный элемент на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере так, чтобы находиться под действием ненулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, и микропроцессорный блок управления и измерения напряжения, вход которого подключен к выходу фотоприемника, первый
25 выход - к входу управления температурой лазера, второй выход - к входу управления длиной волны излучения лазера, отличающийся тем, что дополнительно содержит второй чувствительный элемент на основе волоконной брэгговской решетки, установленный в измерительной камере так, чтобы находиться под воздействием
30 нулевой составляющей напряжения измеряемого электрического поля, волоконно-оптический коммутатор, периодически соединяющий первый и второй чувствительные элементы с волоконно-оптическим световодом, и формирователь двухчастотного зондирующего излучения, установленный между лазером и входом устройства оптической развязки.

35

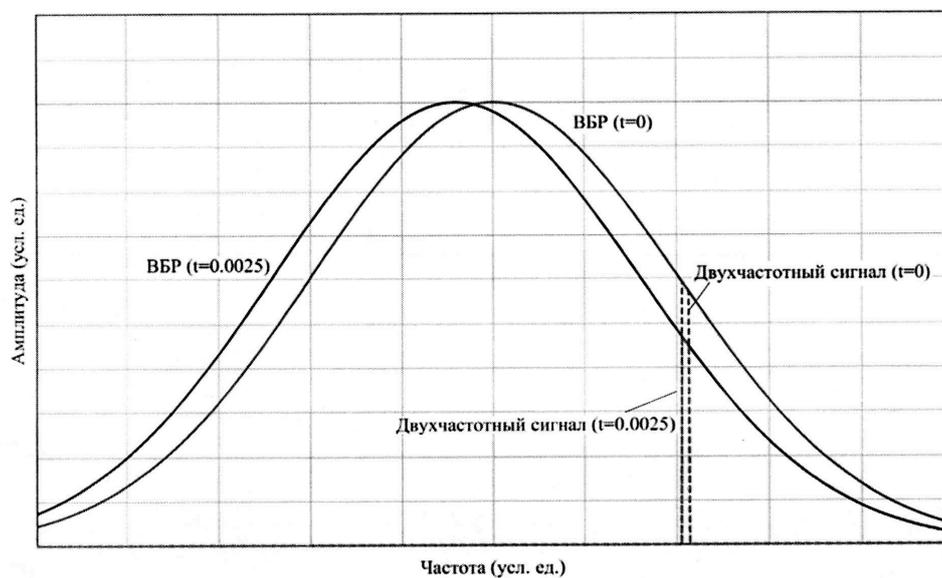
40

45

1

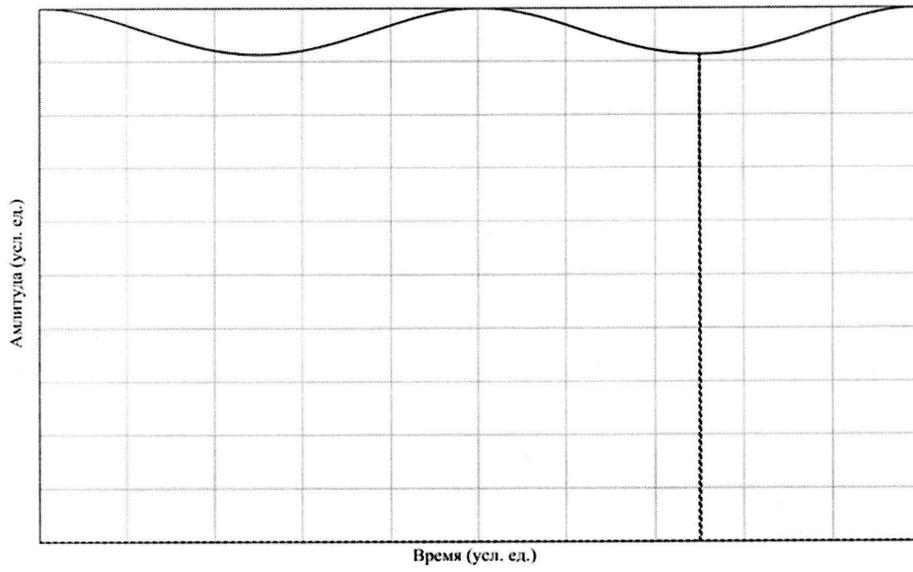


ФИГ.1



ФИГ.2

2



ФИГ.3