



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011153513/07, 27.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.12.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.12.2011

(45) Опубликовано: 27.03.2013 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2346235 C2, 10.02.2009. RU 2319988  
C2, 20.03.2008. RU 95913 U1, 10.07.2010. US  
7142737 B1, 28.11.2006.

Адрес для переписки:

Документ находится в Патентном отделе

**ОКБ АСТРОН**140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1(54) СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, СНАБЖЕННОЙ ОПТОВОЛОКОННЫМ КАБЕЛЕМ

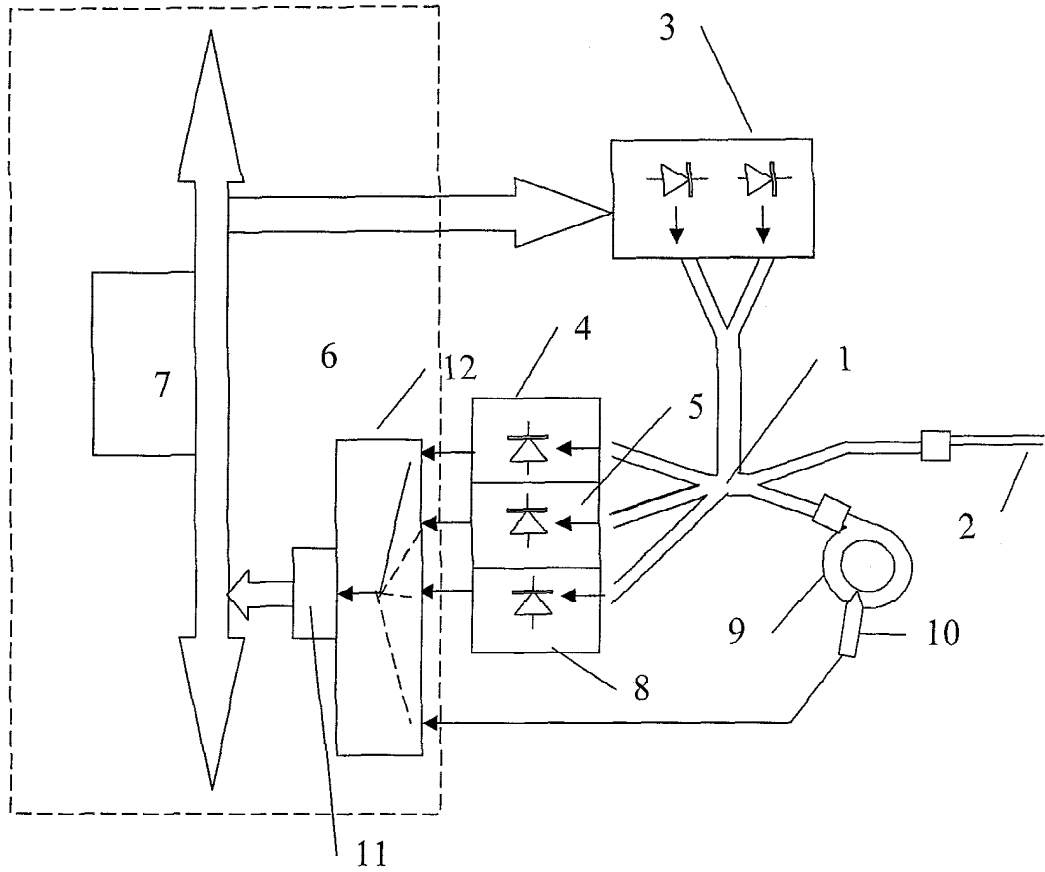
(57) Реферат:

Использование: в области электротехники.  
Технический результат - повышение  
достоверности контроля. Согласно  
изобретению к оптическому разветвителю (1)  
подключено свободное от сигналов связи  
оптоволокно (2) кабеля связи, размещенного  
на ВЛ или встроенного в грозотрос, а также  
формируватель (3) лазерных импульсов,  
зондирующих оптоволокно (2), первый  
оптический детектор (4), воспринимающий  
Релеевскую составляющую обратного  
рассеяния, второй оптический детектор (5),  
воспринимающий антистоксовую компоненту  
Рамановской составляющей обратного

рассеяния, и третий оптический детектор (8),  
воспринимающий Бриллюэновскую  
составляющую обратного рассеяния. Вход  
формирувателя (3) лазерных импульсов и  
выходы детекторов (4) и (5) подключены к  
блоку (6) управления и обработки, который  
формирует рефлектограммы по выходному  
сигналу каждого из детекторов (4), (5), (8) и  
определяет интенсивность акустических и  
температурных воздействий на оптоволокно и  
их место на трассе линии электропередачи. К  
оптическому разветвителю (1) подключено  
контрольное оптоволокно (9), снабженное  
температурным датчиком (10), выход которого  
подключен к блоку (6). 3 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 478 247 C1

RU 2 478 247 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02J 13/00* (2006.01)  
*G01B 11/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011153513/07, 27.12.2011

(24) Effective date for property rights:  
27.12.2011

Priority:

(22) Date of filing: 27.12.2011

(45) Date of publication: 27.03.2013 Bull. 9

Mail address:

Документ находится в Патентном отделе  
**ОКБ АСТРОН**  
140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

(54) **REMOTE CONTROL SYSTEM OF OVERHEAD TRANSMISSION LINE EQUIPPED WITH FIBRE OPTIC CABLE**

(57) Abstract:

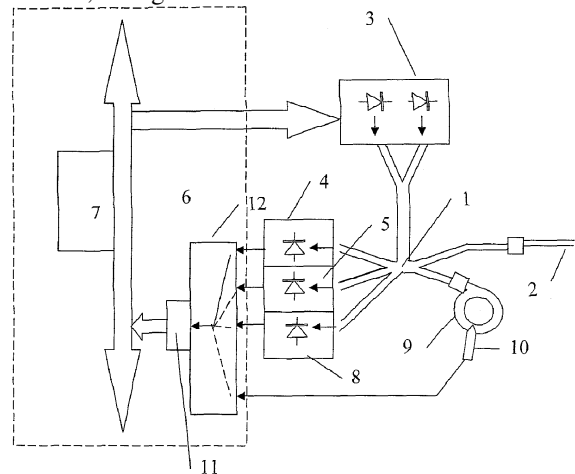
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: optic splitter (1) has the following connections: optic fibre (2) of communication cable, which is free from communication signals, which is arranged on OTL or built in a lightning cable, as well as shaper (3) of laser pulse sounding optic fibre (2), the first optic detector (4) receiving Rayleigh back scattering component, the second optic detector (5) receiving anti-Stokes component of Raman back scattering component, and the third optic detector (8) receiving Brillouin back scattering component. Input of laser pulse shaper (3) and outputs of detectors (4) and (5) are connected to control and processing unit (6) that shapes reflectograms as to output signal of each of detectors (4), (5), (8) and determines intensity of acoustic and temperature effects on optic fibre and their place in power transmission line route. Control

optic fibre (9) equipped with temperature sensor (10), the output of which is connected to unit (6), is connected to optic splitter (1).

EFFECT: improving control reliability.

4 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 7 8 2 4 7 C 1

RU 2 4 7 8 2 4 7 C 1

Изобретение относится к дистанционному контролю (мониторингу) объектов электроэнергетики и предназначено для получения данных об угрожающих работе высоковольтной воздушной линии электропередачи (ВЛ) воздействиях естественного или техногенного происхождения, представления полученных данных о выявленных угрозах на мониторе пульта управления работой ВЛ (например, диспетчерского пульта). К числу требующих контроля воздействий на ВЛ относятся, в частности, грозовые разряды, взрывы, верховые и низовые пожары, короткие замыкания (междуфазовые или на землю), выстрелы по проводам и линейной изоляции, падение деревьев, их ветвей или иных объектов на опоры, провода или грозозащитные тросы, гололедные отложения и плавка гололеда, воздействия на элементы ВЛ, носящие характер вандализма, саботажа или диверсии.

Результаты мониторинга могут быть использованы для быстрого и точного обнаружения мест нахождения угрожающих работе ВЛ воздействий, для анализа их характера и происхождения, целенаправленного устранения самих угрожающих воздействий и ликвидации их последствий, восстановления нормальной работы ВЛ, обеспечения высокой надежности и эксплуатационной готовности объектов сетевой инфраструктуры.

Уровень техники

Известны системы мониторинга ВЛ, предназначенные для выявления, сбора и передачи на пульт централизованного контроля данных о факторах, угрожающих ее нормальной работе.

Известная из RU 72549 «Система охраны линий электропередач» использует для выполнения этих функций множество установленных вдоль ВЛ выносных элементов, последовательно посылающих и принимающих по контролируруемому проводу ВЛ прямые и обратные маркеры, а также средства радиосвязи, включая GSM модемы. Повреждение линии сопровождается потерей маркера от соответствующего выносного элемента и, благодаря этому, обнаруживается системой.

Известные из RU 2400765 «Способ определения места повреждения линий электропередачи и устройство для его осуществления» используют для мониторинга ВЛ посылку зондирующих импульсов с время-частотной модуляцией по проводам ВЛ, прием отраженных импульсов и сравнение их с демодулированными отраженными сигналами, ранее полученными на неповрежденной линии.

Известная из RU 2209513 «Система передачи сигналов по линии электроснабжения для обнаружения гололедных отложений на проводах» передает по проводу ВЛ посылки ВЧ-сигнала и контролирует их затухание в проводе. Затухание увеличивается как за счет гололеда, так и за счет дополнительных нагрузочных элементов, подключаемых к проводу в отдельных точках на трассе ВЛ при увеличении затухания в этих точках до заданных пределов.

Известны также оптоволоконные системы контроля распределения температуры и деформаций вдоль протяженных объектов.

Известная из RU 2319988 «Оптоволоконная мультисенсорная система» состоит из оптически связанных источника излучения (лазера), оптического волокна, снабженного распределенными вдоль волокна точечными датчиками на основе волоконных брэгговских решеток, отражающими свет на разных резонансных длинах волн, волоконного светоделительного устройства и анализатора спектра, которым служит фотоприемник. Датчики с разными коэффициентами отражения и/или с разной шириной или формой спектра отражения чередуются вдоль оптического волокна в заданном порядке, в том числе с разбиением на группы.

Известная из RU 2234105 «Акустическая волоконно-оптическая антенна» представляет собой снабженные излучателем и дифференциальным фотоприемником два параллельных волоконных световода, в каждом из которых с интервалом, равным полуволне акустического сигнала низшей частоты, установлены волоконно-оптические датчики: с предварительно созданными микроизгибами в одном канале и без микроизгибов в другом канале. Этот аналог требует использования двух световодов (оптических волокон) для контроля одного вида воздействия (акустического).

Общий недостаток всех вышеуказанных аналогов состоит в том, что их применение требует установки вдоль ВЛ дополнительного оборудования - датчиков контролируемых воздействий.

Известно оптоволоконное устройство контроля распределения температуры и деформаций вдоль протяженных объектов, применение которого позволяет не устанавливать вдоль ВЛ датчики, используя в этом качестве «темное» (свободное от сигналов связи) волокно оптического кабеля связи, которым во многих случаях снабжены магистральные ВЛ [RU 2346235]. Этот аналог выбран в качестве прототипа.

Прототип представляет собой «Распределенный оптоволоконный датчик» для контроля акустических и температурных воздействий, содержащий формирователь оптического импульса, оптоволоконно и оптический детектор, воспринимающий компоненты Бриллюэновского обратного рассеяния.

Расстояние между частотами падающего излучения и Бриллюэновскими компонентами, в зависимости от типа кварцевого волокна, составляет 10,5-11,0 ГГц. Температурные и акустические воздействия на отдельные участки оптоволоконна изменяют величину частотного сдвига Бриллюэновских компонент рассеяния, отражаемого этим участком волокна. При этом оба указанных вида воздействий вызывают схожие изменения в характере Бриллюэновского рассеяния и разделение этих изменений крайне затруднительно. Поэтому достоверные измерения на основе Бриллюэновских компонент обратного рассеяния возможны только в тех случаях, когда один из воздействующих факторов (температура или акустические колебания) не изменяется, и надо определить влияние другого фактора.

Из-за невозможности достоверно разделить в детектированном сигнале результаты акустического воздействия от результатов температурного воздействия контроль, осуществляемый прототипом, недостаточно информативен.

При использовании прототипа на ВЛ, снабженной оптоволоконным кабелем, этот недостаток не позволяет, в частности, полноценно контролировать процесс плавки гололеда на ВЛ, регулируя нагрев током плавки, поскольку получаемые данные являются результатом совместного воздействия температуры нагрева провода, акустических воздействий и механических деформаций, вызываемых увеличением провисания провода под действием гололедных отложений или иных механических нагрузок.

Раскрытие изобретения

Технический результат изобретения - достоверный независимый контроль различных воздействий на ВЛ при использовании единственного оптического волокна в составе кабеля связи.

Предметом изобретения является система дистанционного контроля воздушной линии электропередачи, снабженной оптоволоконным кабелем, содержащая предназначенный для подключения к оптоволокону кабеля оптический разветвитель, к которому подключены формирователь лазерных импульсов, первый оптический

детектор, воспринимающий Релеевскую составляющую обратного рассеяния, и второй оптический детектор, воспринимающий антистоксовую компоненту Рамановской составляющей обратного рассеяния, при этом вход формирователя лазерных импульсов и выходы оптических детекторов подключены к блоку управления и

5 обработки, который выполнен с возможностью формирования рефлектограммы по выходному сигналу каждого подключенного к нему детектора и определения по сформированным рефлектограммам местоположения и интенсивности акустических и температурных воздействий на оптоволоконный кабель линии электропередачи.

10 Это позволяет получить указанный выше технический результат.

Изобретение имеет развития.

Первое развитие состоит в том, что к оптическому разветвителю дополнительно подключен третий оптический детектор, подключенный выходом к блоку управления и обработки и воспринимающий Бриллюэновскую составляющую обратного

15 рассеяния, а блок управления и обработки выполнен с дополнительной возможностью определения по сформированным рефлектограммам местоположения и интенсивности механических воздействий на оптоволоконный кабель линии электропередачи.

Это развитие направлено на повышение достоверности раздельного определения интенсивности механических и температурных воздействий и точности их местоположения на ВЛ, например, в условиях проведения плавки гололеда.

Второе развитие состоит в том, что к оптическому разветвителю дополнительно подключено контрольное оптоволокно, снабженное температурным датчиком, выход которого подключен к блоку управления и обработки.

25 Это развитие направлено на обеспечение привязки температурной шкалы системы к абсолютным значениям температуры для повышения точности определения интенсивности различных воздействий на ВЛ и их местоположения.

Третье развитие состоит в том, что оптические детекторы подключены к блоку

30 управления и обработки через один общий или отдельные аналого-цифровые преобразователи, а блок обработки выполнен в виде одного или нескольких сопряженных между собой цифровых программируемых устройств.

Это развитие позволяет реализовать изобретение на прогрессивной элементной базе с использованием программируемых устройств цифровой обработки сигналов

35 оптического диапазона.

Осуществление изобретения с учетом его развитий

На фиг.1 представлена схема, иллюстрирующая осуществление изобретения с учетом его развитий. На фиг.2 схематично показан спектральный состав излучения

40 обратного рассеяния в кварцевом одномодовом оптоволокне.

К оптическому разветвителю 1 подключено свободное от сигналов связи оптоволокно 2 кабеля связи, размещенного на ВЛ или встроенного в грозотрос. К разветвителю 1 также подключены формирователь 3 лазерных импульсов, зондирующее оптоволокно 2, первый оптический детектор 4, воспринимающий

45 Релеевскую составляющую обратного рассеяния и второй оптический детектор 5, воспринимающий антистоксовую компоненту Рамановской составляющей обратного рассеяния.

Вход формирователя 3 лазерных импульсов и выходы детекторов 4 и 5 подключены

50 к блоку 6 управления и обработки, который выполнен на основе процессора 7 со средствами интерфейса. Исходя из известных характеристик затухания и известной скорости распространения прямого и обратного излучения в оптоволокне 2, блок 6 формирует рефлектограммы по выходному сигналу каждого из детекторов 4, 5 и

определяет по сформированным рефлектограммам интенсивность акустических и температурных воздействий на оптоволокну и их место на трассе линии электропередачи.

5 Кроме того, к разветвителю 1 может быть подключен третий оптический детектор 8, воспринимающий Бриллюэновскую составляющую обратного рассеяния. Выход детектора 8, как и выходы детекторов 4 и 5, подключен к блоку 6, который, в этом случае, выполнен с возможностью формирования и обработки соответствующей рефлектограммы по выходному сигналу детектора 8. При наличии трех указанных  
10 детекторов блок 6 может быть выполнен с дополнительными возможностями формирования рефлектограмм по выходному сигналу детектора 8 и определения по ним местоположения и интенсивности механических воздействий на оптоволокну 2 и, следовательно, на линию электропередачи. При этом более достоверно разделяются друг от друга статические (механические и температурные) воздействия.

15 К оптическому разветвителю 1 может быть подключено контрольное оптоволокну 9, снабженное температурным датчиком 10, выход которого подключен к блоку 6.

Блок 6 может иметь общий входной аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 11, оцифровывающий все аналоговые сигналы, подаваемые в блок 6 для цифровой  
20 обработки. Для поочередного соединения с источниками аналоговых сигналов (детекторами 4, 5, 8 и датчиком 10) АЦП 11 снабжен входным демультиплексором 12.

Блок 6 может быть выполнен в виде одного или нескольких сопряженных между собой цифровых программируемых устройств, включая персональный компьютер с  
25 дисплеем.

Предлагаемая система работает следующим образом.

Формирователь 3 под управлением блока 6 формирует лазерные импульсы, зондирующие волокну 2. Для контроля состояния длинных (десятки километров)  
30 линий целесообразно проводить измерения на тех длинах волн, где затухание сигналов в волокну 2 минимально - 1550 нм и/или 1625 нм.

Лазерные импульсы формирователя 3 через разветвитель 1 вводится в оптоволокну 2. В свою очередь, отраженное от стенок оптоволокну 2 излучение обратного рассеяния через разветвитель 1 поступает в оптические детекторы 4, 5 и 8.  
35 Каждый из детекторов формирует на своем выходе сигнал, пропорциональный соответствующей компоненте обратного рассеяния. Эти сигналы через мультиплексор 12 поочередно поступают на вход АЦП 11 и - после преобразования в цифровой код - подвергаются цифровой обработке в блоке 6.

40 В режиме настройки лазерные импульсы формирователя 3 вместо волокну 2 поступают в контрольное оптоволокну 9. При этом результаты детектирования обратного рассеяния в оптоволокну 9 и результаты измерения температуры этого оптоволокну датчиком 10 подаются через мультиплексор 12 и АЦП 11 в блок 6 для цифровой обработки и осуществляется привязка температурной шкалы устройства к  
45 абсолютным значениям температуры.

При прохождении лазерного импульса через кварцевые оптоволокну 2 или 9 излучение частично рассеивается на неоднородностях и атомах кристаллической решетки. При этом в рассеянном излучении присутствуют как компоненты с той же  
50 длиной волны, что и падающее излучение (Рэлеевское рассеяние), так и компоненты с другими длинами волн (комбинационное рассеяние, которое принято разделять на Бриллюэновское и Рамановское). Ближайшие к длине волны падающего излучения компоненты, на использовании которых основан прототип, называются

Бриллюэновскими. Рамановское рассеяние имеет две своих компоненты. Компонента Рамановского рассеяния, которая находится правее Рэлеевского рассеяния (см. фиг.2), называется стоксовой, а та, что левее - антистоксовой.

5 В предлагаемом устройстве отдельный контроль акустических и температурных воздействий основан на детектировании и совместной обработке двух компонент обратного рассеяния: Релеевской и антистоксовой Рамановской.

10 В кварцевом одномодовом оптоволокне 2 компоненты Рамановского рассеяния отстоят от частоты падающего излучения на значительную величину порядка 13,0 ТГц. Поэтому для их регистрации в детекторе 5 можно использовать лазерные диоды и оптические фильтры, широко применяемые в измерительной и телекоммуникационной аппаратуре.

15 Акустические воздействия на различные участки оптоволокна 2 изменяют интенсивность Релеевского обратного рассеяния, отражаемого этим участком и принимаемого детектором 4. Температурные воздействия на участки оптоволокна 2 влияют главным образом на интенсивность принимаемой детектором 5 антистоксовой компоненты Рамановского обратного рассеяния.

20 По выходным сигналам детекторов 4 и 5 блок 6 формирует соответствующие рефлектограммы, отражающие распределение воздействий вдоль оптоволокна, а следовательно, и вдоль ВЛ.

25 Сопоставление рефлектограмм, полученных из сигналов на выходе детектора 4 и детектора 5, осуществляемое блоком 6, позволяет, несмотря на значительное затухание излучения рассеяния, отраженного оптоволокном на удаленном конце ВЛ, достоверно разделять температурные изменения от акустических воздействий на всем ее протяжении.

30 В процессе плавки гололедных отложений на проводе или грозотроссе ВЛ, снабженной оптоволоконным кабелем, изменяется его провисание. Стрела провеса зависит от веса гололедообразований и температуры провода или грозотросса, нагреваемого током плавки. Изгибающие механические напряжения и температура одновременно воздействуют на участки оптоволокна 2. В этом случае по рефлектограммам, полученным из выходных сигналов детекторов 4 и 5, не всегда можно достоверно установить вследствие каких воздействий (температуры или

35 механического напряжения) произошли изменения в этих рефлектограммах. При высокой температуре провода ток плавки должен быть уменьшен, а при механических воздействиях от провисания и гололедных образований, но допустимой температуре провода, ток плавки может быть сохранен или даже увеличен.

40 Дополнительно повысить достоверность отдельного определения характера внешних воздействий в этом и в других случаях позволяет использование дополнительных рефлектограмм, формируемых по сигналам детектора 8, который независимо воспринимает другой вид обратного рассеяния (Бриллюэновское рассеяние), и проведение в блоке 6 сопоставительного комплексного анализа всех

45 получаемых рефлектограмм.

#### Формула изобретения

1. Система дистанционного контроля воздушной линии электропередачи, снабженной оптоволоконным кабелем, содержащее предназначенный для

50 подключения к оптоволокну кабеля оптический разветвитель, к которому подключены формирователь лазерных импульсов, первый оптический детектор, воспринимающий Релеевскую составляющую обратного рассеяния, и второй



оптический детектор, воспринимающий антистоксовую компоненту Рамановской составляющей обратного рассеяния, при этом вход формирователя лазерных импульсов и выходы оптических детекторов подключены к блоку управления и обработки, который выполнен с возможностью формирования рефлектограммы по выходному сигналу каждого подключенного к нему детектора и определения по сформированным рефлектограммам местоположения и интенсивности акустических и температурных воздействий на оптоволоконный кабель линии электропередачи.

2. Система по п.1, в котором к оптическому разветвителю дополнительно подключен третий оптический детектор, подключенный выходом к блоку управления и обработки, и воспринимающий Бриллюэновскую составляющую обратного рассеяния, а блок управления и обработки выполнен с дополнительной возможностью определения по сформированным рефлектограммам местоположения и интенсивности механических воздействий на оптоволоконный кабель линии электропередачи.

3. Система по п.1 или 2, в котором к оптическому разветвителю дополнительно подключено контрольное оптоволокно, снабженное температурным датчиком, выход которого подключен к блоку управления и обработки.

4. Система по п.1 или 2, в котором оптические детекторы подключены к блоку управления и обработки через один общий или отдельные аналого-цифровые преобразователи, а блок обработки выполнен в виде одного или нескольких сопряженных между собой цифровых программируемых устройств.

25

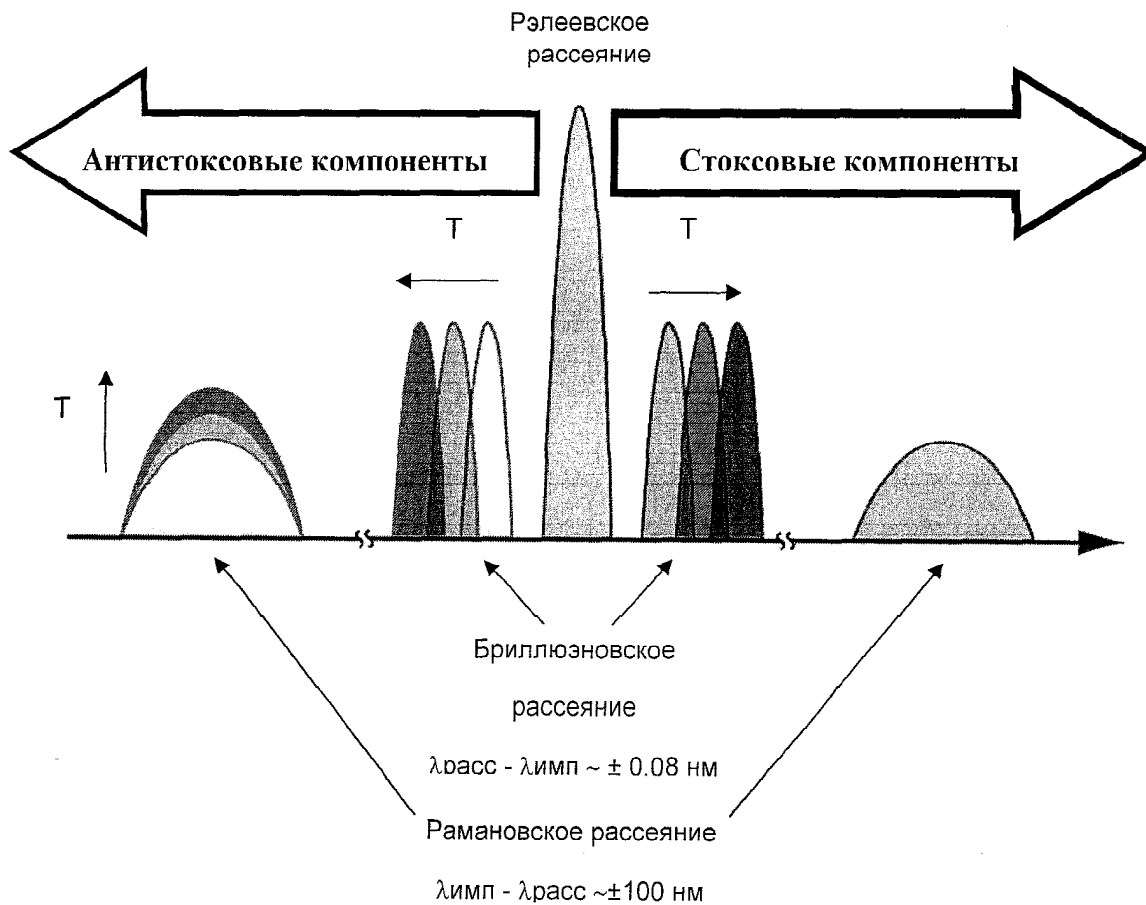
30

35

40

45

50



Фиг. 2