

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034115**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.12.27

(51) Int. Cl. **G01N 27/90** (2006.01)
E21B 47/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201800606

(22) Дата подачи заявки
2018.11.28

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН СКВАЖИНЫ И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

(43) **2019.11.29**

(56) RU-C1-2372478
SU-A1-691559
WO-A2-2014175785
US-A1-20090195244

(96) **2018000148 (RU) 2018.11.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"МИКС" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Пятницкий Дмитрий Юрьевич,
Арбузов Андрей Александрович,
Давыдов Дмитрий, Вдовин Алексей
Юрьевич (RU)**

(74) Представитель:
**Котлов Д.В., Пустовалова М.Л.,
Яремчук А.А. (RU)**

(57) Изобретение относится к геофизике и может быть использовано для контроля технического состояния обсадных колонн, насосно-компрессорных труб и других колонн нефтяных и газовых скважин. Сущностью изобретения является устройство для дефектоскопии обсадных колонн скважины, включающее блок генерации электромагнитного поля, блок приёмных сенсоров и блок управления, регистрации и анализа данных, закрепленные в корпусе, при этом блок генерации электромагнитного поля для создания возбуждающих импульсов заданной амплитуды и длительности представляет собой генераторную катушку с сердечником из материала с высокой магнитной проницаемостью, блок приемных сенсоров включает интегральную измерительную катушку и N радиальных измерительных катушек, расположенных вокруг обмотки генераторной катушки, причём каждая измерительная катушка имеет сердечник П-образной формы, полюса которого направлены перпендикулярно к поверхности исследуемой колонны, а ось симметрии обмотки параллельна оси симметрии обмотки генераторной катушки, блок управления, регистрации и анализа данных включает N операционных усилителей с изменяемыми коэффициентами усиления и аналого-цифровых преобразователей (АЦП), которые передают сигналы от измерительных катушек микроконтроллеру, подключенному к компьютеру с программным обеспечением для анализа дефектов колонны, при этом микроконтроллер управляет блоком генерации электромагнитного поля, а также коэффициентами усиления и АЦП. Технический результат в повышении информативности измерения, как по длине исследуемых труб, так и по азимуту, при этом обеспечивается повышение точности дефектоскопии.

034115 B1

034115 B1

Область техники

Изобретение относится к геофизике и может быть использовано для контроля технического состояния обсадных колонн, насосно-компрессорных труб и других колонн нефтяных и газовых скважин.

Уровень техники

Известен электромагнитный модуль (МТТ) фирмы Sondex W.L.E. для выявления дефектов в насосно-компрессорных трубах (Magnetic thickness tools-MTT. Leding Oilfield technology. Sondex, p. 10, <http://www.sondex.com>). Зонд МТТ состоит из одной генераторной катушки и двенадцати миниатюрных магнитных датчиков, установленных на внутренней стороне рессор. Генератор работает на трех частотах. Амплитуда и фаза сигнала на измерительной катушке зависят от количества металла, окружающего датчик. Описанный зонд позволяет определять дефекты на одной колонне НКТ (насосно-компрессорной трубы) либо интервал обсадной колонны после выхода из НКТ и не позволяет разделять дефекты на внутренней и внешней колоннах.

Из уровня техники известен патент РФ № 2215143, опубликованный 27.10.2003, "Электромагнитный скважинный дефектоскоп", в котором раскрыто устройство, позволяющее выявлять дефекты колонн и перфорационных отверстий. Электромагнитный скважинный дефектоскоп содержит корпус, генераторную катушку, магнитная ось которой ориентирована вдоль оси, а магнитная ось измерительной катушки ориентирована перпендикулярно оси дефектоскопа. В устройстве по генераторной катушке пропускается переменный ток, возбуждающий в окружающей стальной трубе круговые вихревые токи, которые наводят ЭДС в измерительных катушках. При прохождении измерительных катушек мимо дефектов в стенке колонны отмечаются характерные изменения магнитного поля.

Наиболее близким к заявляемому решению является дефектоскоп, описанный в патенте РФ на изобретение № 2372478, опубликованном в 10.11.2009, "Электромагнитный скважинный дефектоскоп". В документе описано устройство с использованием нескольких (больше трех) измерительных катушек индуктивности, расположенных по периметру зонда, с магнитными осями, направленными перпендикулярно его оси. При этом, устройство работает на каротажном кабеле и содержит продольную генераторную катушку индуктивности, ось которой совпадает с осью зонда, измерительные катушки (не менее трех), расположенные по периметру зонда, с магнитными осями, направленными перпендикулярно оси генераторной катушки. Дефектоскоп работает следующим образом. По генераторной катушке индуктивности пропускается однополярный импульсный ток намагничивания с фиксированной амплитудой и частотой и с одинаковой длительностью, который возбуждает в окружающей стальной трубе вихревые токи. В приемных катушках регистрируется ЭДС переходных процессов как функция времени. Блок измерительный под управлением контроллера разделяет во времени сигналы от измерительных катушек индуктивности, усиливает их и оцифровывает и по линиям связи передает данные на поверхность. Недостатком известного устройства является невозможность избавиться от мешающего взаимного влияния измерительных катушек индуктивности, расположенных по периметру зонда, особенно в приборах малого диаметра (меньше 50 мм). При этом измерительные катушки индуктивности, оси которых перпендикулярны исследуемой поверхности, имеют только один рабочий полюс. При этом второй полюс отдален от исследуемой поверхности на длину катушки, что снижает чувствительность катушки к изменениям магнитного поля на исследуемой поверхности. При такой конструкции измерительных катушек индуктивности дефект регистрируется в более широком радиальном секторе. Фактически, в известном устройстве локальный точечный дефект фиксируется в секторе 180°. Также, в известном устройстве перпендикулярное расположение считывающих катушек к магнитной оси генерирующей катушки обуславливает их чувствительность только к отклонениям равномерного магнитного поля вихревых токов, возбуждаемых изменением поля генераторной катушки, поскольку поле вихревых токов в отсутствие дефектов и электромагнитных аномалий в зонах считывающих катушек параллельно магнитной оси генераторной катушки. Таким образом, считывающие катушки известного устройства не способны фиксировать плавное изменение толщины исследуемой трубы на протяженных участках, т.е. коррозии обширных зон. Также, тот факт, что сигнал на катушках не зависит от толщины исследуемой трубы, делает невозможным выполнить численную оценку этой толщины.

Раскрытие изобретения

Задачей изобретения является создание прибора для магнитоиндукционной дефектоскопии труб в колоннах скважин, что обеспечивает повышение информативности измерения, как по длине исследуемых труб, так и по азимуту.

Технический результат заключается в повышении точности дефектоскопии.

Для решения поставленной задачи предлагается устройство для дефектоскопии обсадных колонн скважины, включающее блок генерации электромагнитного поля, блок приёмных сенсоров и блок управления, регистрации и анализа данных, закрепленные в корпусе, при этом, блок генерации электромагнитного поля для создания возбуждающих импульсов заданной амплитуды и длительности представляет собой генераторную катушку с сердечником из материала с высокой магнитной проницаемостью, блок приемных сенсоров включает интегральную измерительную катушку и N радиальных измерительных катушек, расположенных вокруг обмотки генераторной катушки, причём каждая измерительная катушка имеет сердечник П-образной формы, полюса которого направлены перпендикулярно к поверхно-

сти исследуемой колонны, а ось симметрии обмотки параллельна оси симметрии обмотки генераторной катушки, блок управления, регистрации и анализа данных включает N операционных усилителей с изменяемыми коэффициентами усиления и аналого-цифровых преобразователей (АЦП), которые передают сигналы от измерительных катушек микроконтроллеру, подключенному к компьютеру с программным обеспечением для анализа дефектов колонны, при этом микроконтроллер управляет блоком генерации электромагнитного поля, а также коэффициентами усиления и АЦП.

Устройство может быть выполнено таким образом, что радиальные измерительные катушки расположены радиально-симметрично по отношению к оси симметрии обмотки генераторной катушки.

Устройство может быть выполнено таким образом, что интегральная измерительная катушка, намотана на тот же сердечник, что и генераторная катушка.

Устройство может быть выполнено таким образом, что электронная часть включает блок питания, который содержит стабилизаторы и обеспечивает бесперебойную работу электроники.

Устройство может быть выполнено таким образом, что блок управления, регистрации и анализа данных имеет модуль генерации импульсов возбуждения, представляющий собой управляемый инвертор напряжения со стабилизацией тока для получения биполярного возбуждения магнитного поля генераторной катушкой, что позволяет исключить влияние локальных намагниченностей исследуемой трубы.

Устройство может быть выполнено таким образом, что для улучшения чувствительности прибора используется электронная схема, обеспечивающая переключаемый коэффициент усиления, что позволяет регистрировать один и тот же отклик в два этапа, при этом, на втором, более позднем во времени этапе отклик регистрируется с большим коэффициентом усиления.

В описании представлен пример реализации с использованием 8 радиальных измерительных катушек. Тем не менее, заявляемый технический результат можно достичь с иным числом радиальных катушек.

Корпус прибора может быть изготовлен из проводящего немагнитного металла.

В устройстве дополнительно может содержаться измеритель угла поворота для учета вращения прибора по мере протяжки прибора.

Описание чертежей

Изобретение поясняется чертежами.

На фиг. 1-3 изображена трехмерная модель и сечения сенсорной части устройства. Введены следующие обозначения:

- поз. 1 - генераторная катушка на сердечнике с высоким μ ,
- поз. 2 - радиальные измерительные катушки на П-образных сердечниках,
- поз. 3 - интегральная измерительная катушка на сердечнике с высоким μ ,
- поз. 4 - защитный кожух из немагнитного сплава.

На фиг. 4 изображено децентрирование НКТ в колонне и соответствующие показания на радиально-измерительных катушках. Введены следующие обозначения:

- поз. 5 - колонна,
- поз. 6 - НКТ,
- поз. 7 - прибор.

На фиг. 5 изображены случаи обнаружения различных локальных дефектов на разных трубах.

На фиг. 6 изображена структурная схема электронной части устройства. Введены следующие обозначения:

- поз. 8 - аналого-цифровые преобразователи (АЦП),
- поз. 9 - модуль микроконтроллера с ПЗУ,
- поз. 10 - модуль генерации импульсов возбуждения,
- поз. 11 - интерфейсный модуль,
- поз. 12 - блок питания,
- поз. 13 - операционные усилители

Осуществление изобретения

Повышение точности дефектоскопии достигается за счет применения в конструкции заявляемого прибора не менее 3-х идентичных, радиально-симметрично расположенных двухполюсных П-образных приемных сенсоров, обмотки которых имеют соосное с обмоткой генераторной катушки расположение, а сердечники П-образной формы из материала с высокой магнитной проницаемостью формируют максимально приближенные к исследуемой поверхности полюса сенсоров. При этом сенсоры находятся на равном от удалении от исследуемой поверхности. Таким образом, достигается максимальная фокусировка сенсоров по отношению к исследуемой поверхности.

Для увеличения разрешающей способности по азимуту число сенсоров может быть увеличено в пределах ограничений требований максимального диаметра прибора. Для обеспечения перекрытия зон чувствительности по радиусу максимальное расстояние между двумя соседними сенсорами по хорде должно быть меньше или равно длине сенсора.

Применение сердечников генераторной катушки и приемных сенсоров из материала с высокой маг-

нитной проницаемостью повышает энергию генерируемого поля и чувствительность сенсоров и делает возможным применение в качестве корпуса прибора проводящих немагнитных металлов вместо дорогостоящих радиопрозрачных материалов.

Дополнительно заявляемый прибор оснащен интегральной приемной катушкой, намотанной на одном сердечнике с генераторной катушкой. Это позволяет вычислить интегральную толщину исследуемой колонны как дополнительный параметр, определить конструкции второй колонны, в первую очередь наличие муфтовых соединений и, т. о. повысить точность интерпретации за счет учета влияния конструкции второй колонны на регистрируемый сигнал.

В заявляемом изобретении соосное с обмоткой генераторной катушки расположение обмоток приемных сенсоров обуславливает их чувствительность не только к дефектам и электромагнитным аномалиям исследуемой трубы, но и к ее толщине, что делает возможным оценку потери металла в чувствительной зоне сенсора.

Также на уровень сигнала сенсора будет влиять присутствие внешних по отношению к исследуемой труб (обсадных колонн и кондукторов). Это связано с тем, что при достаточной длине и мощности генераторной катушки вихревые токи будут возбуждаться также и во внешних по отношению к исследуемой трубах. Экспериментально доказано, что вихревые токи во внешних трубах будут эффективно генерироваться при длине катушке $4/3$ от диаметра интересующей трубы. Таким образом, при заявляемом радиально-симметричном расположении сенсоров при центрированном положении прибора внутри исследуемой трубы уровень сигналов на различных сенсорах будет зависеть от положения исследуемой трубы по отношению к внешней колонне или кондуктору, что дает возможность реализации способа оценки децентрирования исследуемой трубы внутри колонны. При этом в случае центрированной конструкции скважины расстояния между исследуемой трубой и внешней по отношению к ней колонне одинаковы по радиусу и, соответственно, и сигналы приемных датчиков будут одинаковы по уровню. В случае децентрирования исследуемой трубы внутри колонны уровни сигналов будут различными, причем уровень сигнала конкретного приемного сенсора будет тем больше, чем ближе исследуемая труба в зоне его действия к внешней колонне и наоборот (фиг. 5). На фиг. 5 представлен результат регистрации прибором (7) с искусственно созданным децентрированием НКТ (6) в колонне (5). Сигналы, регистрируемые радиальными измерительными катушками R4 и R8, не изменяются в процессе продвижения прибора по модели, а сигналы, регистрируемые радиальными измерительными катушками R2 и R6 имеют максимальный взаимно противоположный наклон. Таким образом, радиальная измерительная катушка R2 максимально приближена к колонне в верхней части модели, и, напротив, радиальная измерительная катушка R6 максимально приближена к колонне в нижней части модели. Прибор фиксирует децентрирование НКТ в колонне.

Для оценки децентрирования и учета вращения прибора во времени по мере его продвижения вдоль НКТ важна информация о взаимном расположении исследуемой трубы и приемных сенсоров. Эту информацию можно получить при использовании устройства измерения угла поворота прибора во времени (например, стандартного инклинометра или гироскопа). На основе указанной информации может быть осуществлена корректировка положения сенсоров. Устройство измерения угла может быть выполнено как в виде отдельного модуля, входящего в состав прибора, так и в виде отдельного прибора.

Кроме того, повышение точности дефектоскопии достигается и за счет применения биполярного возбуждения электромагнитного поля генераторной катушкой - чередование возбуждающих импульсов разной полярности, что позволяет исключить влияние локальных намагниченностей исследуемой трубы.

Структурная схема электронной части прибора (фиг. 6) отражает следующие основные функции: генерацию импульсов возбуждения, прием и регистрацию данных и анализ данных с сохранением их в памяти прибора. Модуль генерации (10) позволяет создавать возбуждающие импульсы заданной частоты, а также изменять полярность этих импульсов, что дает возможность использовать биполярный режим. Данный модуль управляется микроконтроллером (9) и физически находится в непосредственной близости от него. Прием и регистрация данных обеспечивается операционными усилителями (13) с изменяемым коэффициентом усиления (управляется микроконтроллером 9) и АЦП (8). Физически операционных усилителей (13) может быть N штук, что определяется числом приемных катушек. В АЦП (8) регистрируется один и тот же отклик в два этапа - сначала на более ранних временах с меньшим коэффициентом усиления, а после на более поздних временах с большим коэффициентом усиления, что позволяет улучшить чувствительность прибора. Приемная катушка имеет особенность - вместо обычной земли используется виртуальная земля, потенциал которой равен половине уровня, который может обрабатывать АЦП (8). Данная особенность позволяет избавиться от дополнительной схемы формирования отрицательного питания, что уменьшает шумы. Это учтено при обработке данных. При анализе данных происходит следующее - данные, поступающие с АЦП, распределяются в память прибора, создавая кадры, которые затем считываются программами обработки. Взаимодействие с ПК происходит через интерфейсный модуль (11). Блок питания прибора (12) состоит из нескольких стабилизаторов, обеспечивающих необходимые уровни напряжений питания электронных узлов прибора.

Встроенное программное обеспечение микроконтроллера реализует два режима работы прибора: автономный и режим измерений в реальном времени. В автономном режиме прибор программируется от

ПК и запускается на требуемую программу исследований - циклограмму - на поверхности и далее, прибором производится исследование, при этом питание прибора обеспечивается отдельным батарейным блоком. По окончании исследования прибор вновь подключается к ПК для выгрузки и анализа данных. В режиме измерений в реальном времени программирование и получение данных во время исследований выполняется интерактивно, с постоянной связью с ПК. Питание и передача данных производится по геофизическому кабелю.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для дефектоскопии обсадных колонн скважины, включающее блок генерации электромагнитного поля, блок приёмных сенсоров и блок управления, регистрации и анализа данных, закрепленные в корпусе, при этом

блок генерации электромагнитного поля для создания возбуждающих импульсов заданной амплитуды и длительности представляет собой генераторную катушку с сердечником из материала с высокой магнитной проницаемостью,

блок приемных сенсоров включает интегральную измерительную катушку и N радиальных измерительных катушек, расположенных вокруг обмотки генераторной катушки, причём каждая измерительная катушка имеет сердечник П-образной формы, полюса которого направлены перпендикулярно к поверхности исследуемой колонны, а ось симметрии обмотки параллельна оси симметрии обмотки генераторной катушки,

блок управления, регистрации и анализа данных включает N операционных усилителей с изменяемыми коэффициентами усиления и аналого-цифровых преобразователей (АЦП), которые передают сигналы от измерительных катушек микроконтроллеру, подключенному к компьютеру с программным обеспечением для анализа дефектов колонны, при этом микроконтроллер выполнен с возможностью управления блоком генерации электромагнитного поля, а также коэффициентами усиления и АЦП.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что радиальные измерительные катушки расположены радиально-симметрично по отношению к оси симметрии обмотки генераторной катушки.

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что имеет интегральную измерительную катушку, намотанную на тот же сердечник, что и генераторная катушка.

4. Устройство по п.3, отличающееся тем, что электронная часть включает блок питания, который содержит стабилизаторы и обеспечивает бесперебойную работу электроники.

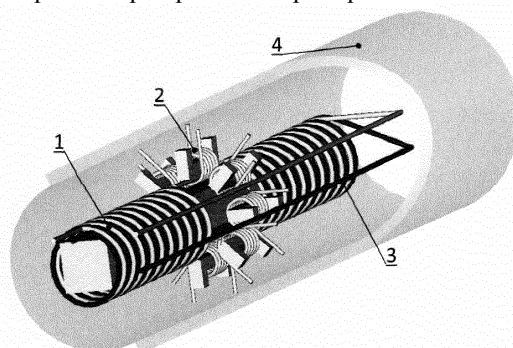
5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что блок управления, регистрации и анализа данных имеет модуль генерации импульсов возбуждения, представляющий собой управляемый инвертор напряжения со стабилизацией тока для получения биполярного возбуждения магнитного поля генераторной катушкой, что позволяет исключить влияние локальных намагниченностей исследуемой трубы.

6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что блок управления, регистрации и анализа данных содержит электронную схему, обеспечивающую возможность переключения коэффициента усиления, что позволяет регистрировать один и тот же отклик в два этапа, при этом на втором более позднем во времени этапе отклик регистрируется с большим коэффициентом усиления.

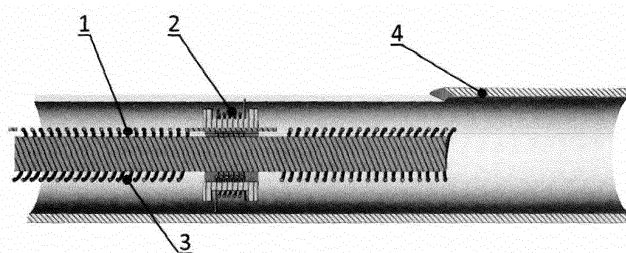
7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что используется 8 радиальных измерительных катушек.

8. Устройство по п.1, отличающееся тем, что корпус прибора изготовлен из проводящего немагнитного металла.

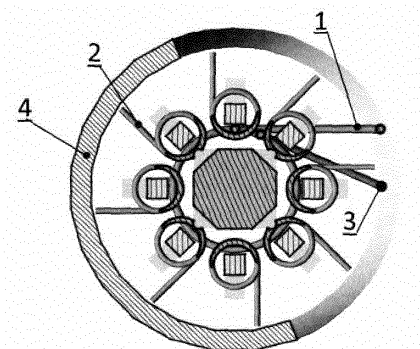
9. Устройство по п.1, отличающееся тем, что дополнительно может содержать измеритель угла поворота для учета вращения прибора по мере протяжки прибора.



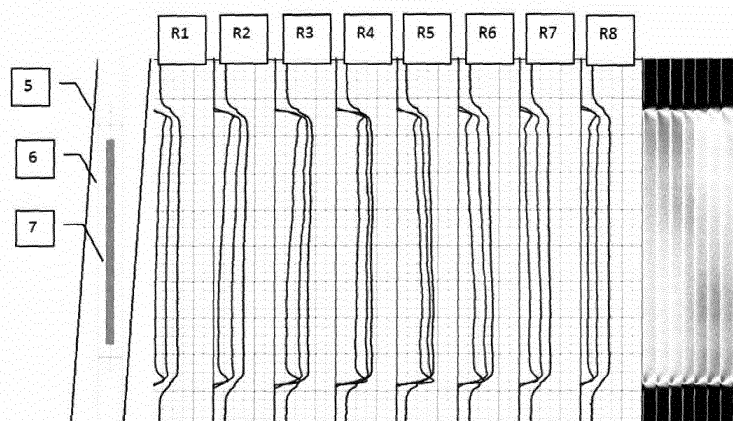
Фиг. 1



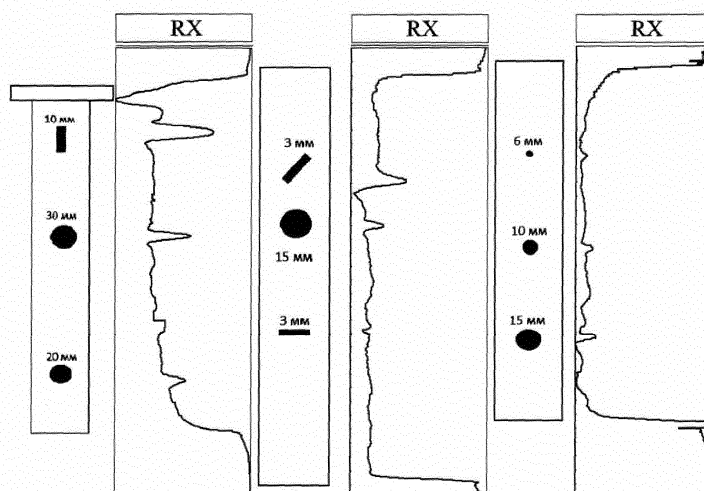
Фиг. 2



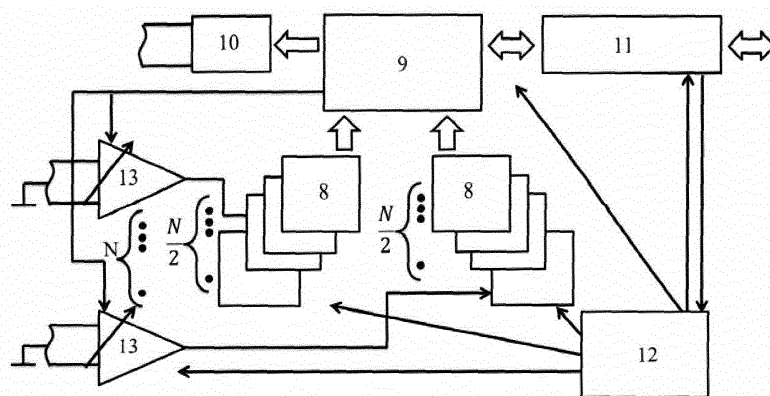
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

