

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045065**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.27**

(21) Номер заявки  
**202192841**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.04.17**

(51) Int. Cl. *E21B 43/12* (2006.01)  
*E21B 43/26* (2006.01)  
*F04D 13/06* (2006.01)

---

(54) **ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВАЯ НАСОСНАЯ СИСТЕМА  
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

---

(31) **62/835,348**

(32) **2019.04.17**

(33) **US**

(43) **2022.02.10**

(86) **PCT/US2020/028725**

(87) **WO 2020/214934 2020.10.22**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТВИН ДИСК, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Вилсон Эдвин Е. (US)**

(74) Представитель:  
**Котлов Д.В., Яшмолкина М.Л. (RU)**

(56) US-B2-10221856  
CN-B-101702602  
US-A1-20180334891  
US-A1-20080182699  
WO-A1-2015192003

---

(57) Нефтепромысловая электрогидравлическая насосная система высокого давления включает в себя насос для гидроразрыва пласта и основной электромотор в качестве первичного привода, который подает мощность на насос гидроразрыва. Основной электромотор может представлять собой электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения. Пусковой гидравлический мотор может вращать вал основного электромотора для достижения или приближения к его фиксированной номинальной частоте вращения, прежде чем на основной электромотор будет подано питание. Гидравлический мотор медленного гидроразрыва может вращать вал основного электромотора в качестве устройства пассивной передачи крутящего момента, которое через трансмиссию подает мощность в нисходящем направлении к насосу гидроразрыва.

---

**B1**

**045065**

**045065**  
**B1**

### **Перекрестная ссылка на родственные заявки**

Заявка на данное изобретение испрашивает преимущество приоритета согласно ст. 35 Кодекса США (USC) §119(e) по предварительной патентной заявке № 62/835,348, поданной 17 апреля 2019 г., полное содержание которой явным образом включено в настоящий документ посредством ссылки.

### **Уровень техники**

#### **Область техники**

Предпочтительные варианты осуществления в целом относятся к области извлечения углеводородов из земли и, более конкретно, к нефтепромысловым системам нагнетания для гидроразрыва подземных пластов с целью увеличения извлечения углеводородов.

#### **Обсуждение связанной области техники**

Известен гидравлический разрыв подземных пластов, осуществляемый с помощью нефтепромысловых нагнетательных систем, для увеличения расхода в нефтяных и газовых скважинах. Гидравлический разрыв пласта увеличивает продуктивность скважины за счет увеличения пористости и, следовательно, скорости расхода через зоны добычи, питающие стволы скважин, через которые извлекают подземные ресурсы, такие как нефть и газ.

Для создания экстремальных гидравлических давлений, например 10000 фунтов/кв. дюйм или более, которые необходимы для разрыва подземных геологических пластов, нефтепромысловые системы нагнетания включают в себя компоненты промышленного типа, рассчитанные на тяжелые условия эксплуатации. В качестве насосов для гидроразрыва пласта (fracking или frac), создающих экстремальные гидравлические давления, которые способны разрушать подземные геологические пласты, используют плунжерные объемные насосы высокого давления.

Чтобы адекватно контролировать процесс гидроразрыва, на различных его стадиях необходимо тщательно регулировать расход и давление жидкостей для гидроразрыва, подаваемых от насосов гидроразрыва. Соответственно, первичные приводы, которые подают мощность на насосы гидроразрыва, представляют собой устройства с регулируемой частотой вращения, поскольку приведение в действие насосов гидроразрыва с регулируемой частотой вращения, по меньшей мере частично, обеспечивает управление потоком и давлением.

Обычно первичными приводами являются стационарные дизельные двигатели большой мощности, которые передают мощность на насосы гидроразрыва через многоскоростные редукторы или трансмиссии. Стационарные дизельные двигатели большой мощности являются дорогостоящими и требуют технического обслуживания и внимания в процессе эксплуатации, например заправки топливом.

Были предприняты другие попытки применить для приведения в действие насосов гидроразрыва электромоторы с изменяемой частотой вращения. Электромоторы с изменяемой частотой вращения способны изменять расход и давление насосов гидроразрыва с помощью средств регулирования частоты вращения электромотора, что облегчает управление операцией гидроразрыва. Электромоторы с изменяемой частотой вращения приводят в действие насосы гидроразрыва либо напрямую, с изменяемой частотой вращения мотора, либо с промежуточным односкоростным редуктором или трансмиссией. Такие электромоторы с изменяемой частотой вращения включают в себя тяговые электромоторы постоянного тока с шунтовой обмоткой и изменяемой частотой вращения и электромоторы переменного тока с изменяемой частотой вращения, например, за счет регулирования частоты. Хотя по сравнению со стационарными дизельными двигателями высокой мощности электромоторы с изменяемой частотой вращения могут требовать меньшего внимания при эксплуатации, они являются дорогостоящими и требуют сложных средств управления электромотором.

Электромоторы переменного тока (constant speed AC motors) с постоянной частотой вращения являются более простыми по конструкции, чем электромоторы с изменяемой частотой вращения, но их использовали для подачи мощности на насосы гидроразрыва пласта. Это связано с тем, что фиксированная(ые) скорость(и) электромоторов переменного тока с постоянной частотой вращения не обеспечивает требуемой величины управления расходом и давлением насосов гидроразрыва, чтобы операторы могли надлежащим образом управлять операцией гидроразрыва. Обычные многоскоростные редукторы не позволяют решить эту проблему с помощью электромоторов переменного тока с постоянной частотой вращения, поскольку они не способны переключаться под полной нагрузкой и имеют передаточные числа, которые не подходят для обеспечения достаточного диапазона частот вращения выходного вала или соответствующего управления расходом и давлением насоса гидроразрыва.

Кроме того, электромоторы переменного тока с постоянной частотой вращения и мощностью, достаточно высокой для приведения насосов гидроразрыва в действие, трудно запускать, потому что для начала вращения им требуются чрезвычайно высокие пусковые токи в виде бросков тока (при заторможенном роторе).

Следовательно, для насосных систем высокого давления, таких как приводы насосов для гидроразрыва, требуется первичный привод, в котором используется электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения, но без вышеупомянутых недостатков, в первую очередь касающихся управления расходом и давлением.

### Сущность и задачи данного изобретения

В предпочтительных вариантах осуществления отмеченные выше недостатки преодолены за счет создания электрогидравлической насосной системы высокого давления, в состав которой входит электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения. Такая система может быть включена в состав нефтепромысловой системы нагнетания в качестве электрогидравлической насосной системы для гидроразрыва.

Нефтепромысловая электрогидравлическая насосная система высокого давления включает в себя насос для гидроразрыва пласта и основной электромотор в качестве первичного привода, который подает мощность на насос гидроразрыва. Основной электромотор может представлять собой электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения. Пусковой гидравлический мотор может вращать вал основного электромотора для достижения или приближения к его фиксированной номинальной частоте вращения, прежде чем на основной электромотор будет подано питание. Гидравлический мотор медленного гидроразрыва может вращать вал основного электромотора в качестве устройства пассивной передачи крутящего момента, которое через трансмиссию подает мощность в нисходящем направлении к насосу гидроразрыва.

Система может задавать несколько режимов работы. В режиме запуска основного электромотора пусковой гидравлический мотор передает мощность через трансмиссию для вращения вала основного электромотора до его фиксированной номинальной частоты вращения перед подачей питания, что позволяет запускать основной электромотор практически при его нормальном рабочем токе, а не в условиях высокого броска пускового тока. В режиме медленного гидроразрыва гидравлический мотор медленного гидроразрыва через трансмиссию передает мощность для раскручивания вала мотора основного электромотора до частоты вращения, которая меньше фиксированной номинальной частоты вращения, к основному электромотору, чтобы приводить в действие насос гидроразрыва с пониженной частотой вращения и обеспечивать низкоскоростной гидравлический разрыв пласта под высоким давлением. В режиме гидроразрыва основной электромотор находится под напряжением и подает мощность через трансмиссию в насос гидроразрыва.

Согласно первому варианту осуществления электрогидравлическая нефтепромысловая насосная система высокого давления для приведения в действие насоса гидравлического разрыва (гидроразрыва) выполнена с возможностью создавать повышенное давление жидкости для гидроразрыва при ее подаче в скважину, которое передается подземному геологическому пласту. Данная система включает в себя основной электромотор, который имеет вал мотора и ограничивает первичный привод электрогидравлической нефтепромысловой насосной системы высокого давления. Кроме того, в данной системе предпочтительно используется трансмиссия с несколькими передачами, которая обеспечивает несколько передаточных отношений, при этом такая трансмиссия выполнена с возможностью подавать мощность от основного электромотора на насос гидроразрыва и расположена между ними. Пусковой мотор выборочно передает мощность через трансмиссию для вращения вала мотора основного электромотора.

В другом объекте данного варианта осуществления основной электромотор представляет собой электромотор переменного тока (АС) с постоянной частотой вращения, который ограничивает фиксированную номинальную частоту вращения, и, кроме того, пусковой гидравлический мотор, который выполнен с возможностью вращения с частотой, которая соответствует фиксированной номинальной частоте вращения основного электромотора.

В соответствии с дополнительным объектом данного варианта осуществления предусмотрен мотор медленного гидроразрыва для выборочной подачи мощности через трансмиссию для вращения вала мотора основного электромотора. Основной электромотор представляет собой электромотор переменного тока (АС) с постоянной частотой вращения, который ограничивает фиксированную номинальную частоту вращения, а мотор медленного гидроразрыва выполнен с возможностью вращения с частотой, которая меньше фиксированной номинальной частоты вращения основного электромотора.

В другом варианте осуществления электрогидравлическая нефтепромысловая насосная система высокого давления включает в себя насос гидравлического разрыва (гидроразрыва), выполненный с возможностью создавать повышенное давление жидкости для гидроразрыва при ее подаче в скважину, которое передается подземным геологическим пластам, и основной электромотор, который имеет вал мотора и ограничивает первичный привод электрогидравлической нефтепромысловой насосной системы высокого давления; Трансмиссия с несколькими передачами обеспечивает несколько передаточных отношений, выполнена с возможностью подавать мощность от основного электромотора на насос гидроразрыва и расположена между ними. Пусковой гидравлический мотор выборочно передает мощность через трансмиссию для вращения вала мотора основного электромотора, а гидравлический мотор медленного гидроразрыва выборочно передает мощность через трансмиссию для вращения вала мотора основного электромотора. Также гидравлическая силовая установка выполнена с возможностью выборочно разрешать или препятствовать протеканию гидравлической жидкости в каждый из пускового гидравлического мотора и гидравлического мотора медленного гидроразрыва, чтобы активировать или деактивировать пусковой гидравлический мотор и гидравлический мотор медленного гидроразрыва.

Согласно другому варианту осуществления способ гидравлического разрыва подземного пласта с

использованием основного электромотора включает в себя этап приведения в действие основного электромотора с помощью пускового мотора и приведения в действие насоса гидроразрыва с помощью выходной мощности основного электромотора для облегчения гидравлического разрыва подземного пласта. Данный способ дополнительно включает в себя выборочную передачу мощности от основного электромотора к насосу гидроразрыва с помощью трансмиссии.

В другом объекте данного варианта осуществления данный способ дополнительно включает в себя этап, на котором в пусковом режиме гидравлический мотор приводят в действие с помощью второго электромотора и вращают вал мотора основного электромотора с помощью гидравлического мотора до первой частоты вращения, которая соответствует фиксированной номинальной частоте вращения основного электромотора. Предпочтительно основной электромотор представляет собой электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения. Более того, данный способ включает в себя этап, на котором в режиме медленного гидроразрыва гидравлический мотор медленного гидроразрыва приводят в действие с помощью третьего электромотора. Гидравлический мотор медленного гидроразрыва выборочно подает мощность через трансмиссию для вращения вала мотора основного электромотора до второй частоты вращения, которая меньше фиксированной номинальной частоты вращения основного электромотора.

Эти и другие объекты и задачи настоящего изобретения будут лучше оценены и поняты при рассмотрении вместе с последующим описанием и прилагаемыми чертежами. Однако следует понимать, что последующее описание, хотя и указывает на предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения, приведено с целью иллюстрирования, а не ограничения. В пределах объема настоящего изобретения могут быть сделаны многочисленные изменения и модификации без отклонения от его сущности, при этом данное изобретение включает в себя все такие модификации.

#### **Краткое описание чертежей**

Ясное представление о преимуществах и признаках, составляющих настоящее изобретение, а также конструкция и работа типовых вариантов осуществления настоящего изобретения станут более очевидными при обращении к иллюстративным и, следовательно, неограничивающим вариантам осуществления, показанным на прилагаемых чертежах, которые составляют часть данного описания, и в которых одинаковые позиции на нескольких видах обозначают одни и те же элементы, и в которых:

фиг. 1 представляет собой схематическое изображение нефтепромысловой системы нагнетания, включающей в себя электрогидравлические насосные системы высокого давления, показанные в составе как система насоса гидроразрыва, согласно предпочтительному варианту осуществления;

фиг. 2 представляет собой схематическое изображение нефтепромысловой системы нагнетания, включающей в себя электрогидравлические насосные системы высокого давления, показанные в составе как система насоса гидроразрыва, согласно другому предпочтительному варианту осуществления;

фиг. 3 представляет собой схематическое изображение нефтепромысловой системы нагнетания, включающей в себя электрогидравлические насосные системы высокого давления, показанные в составе как система насоса гидроразрыва, согласно дополнительному предпочтительному варианту осуществления; и

фиг. 4 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую способ гидравлического разрыва согласно предпочтительным вариантам осуществления.

При описании предпочтительных вариантов осуществления данного изобретения, которые изображены на чертежах, для ясности будет использована конкретная терминология. Однако не предполагается, что данное изобретение ограничено выбранными таким образом конкретными терминами, и следует понимать, что каждый конкретный термин включает в себя все технические эквиваленты, которые действуют аналогичным образом для достижения аналогичной цели. Например, часто используются слова "соединенный", "прикрепленный", "сопряженный" или аналогичные им термины. Они не ограничены непосредственным соединением, но включают в себя соединение через другие элементы, когда такое соединение признано специалистами в данной области техники эквивалентным.

#### **Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления**

Со ссылкой на фиг. 1 показан один вариант осуществления данного изобретения в виде электрогидравлической насосной системы 10 высокого давления. Электрогидравлическая насосная система 10 высокого давления показана здесь как электрогидравлическая насосная система 12 для гидроразрыва, которая включает в себя систему 14 электрогидравлического привода, которая подает мощность на насос 16 для гидравлического разрыва или для гидроразрыва. Насос 16 для гидроразрыва может представлять собой объемный плунжерный насос высокого давления или другой подходящий насос, который способен обеспечивать высокие подачи и создавать высокое давление, например 10000 фунтов/кв. дюйм или более. Данный участок нефтепромысла показан с несколькими электрогидравлическими насосными системами 12 для гидроразрыва, которые работают совместно при проведении гидроразрыва подземного геологического пласта или операции гидроразрыва с целью повышения продуктивности скважины. Электрогидравлические насосные системы 12 для гидроразрыва могут быть задействованы или приведены в действие и реализованы отдельно или совместно, в зависимости от конкретных потребностей в нагнетании для заданной операции гидроразрыва или этапа эксплуатации. Каждая из электрогидравлических

насосных систем 12 для гидроразрыва может образовывать отдельно скомпонованный блок, например, установленный на прицепе, который могут буксировать седельным или другим тягачом. Каждый насос 16 для гидроразрыва принимает жидкость 18 для гидравлического разрыва или гидроразрыва, которая хранится в системе 20 хранения жидкости для гидроразрыва, и подает жидкость 18 для гидроразрыва в насосы 16 для гидроразрыва через напорные линии 22 жидкости для гидроразрыва. Жидкость 18 для гидроразрыва под давлением подают из насосов 16 гидроразрыва через напорные линии 24 манифольда в манифольд 26, который подает жидкость 18 для гидроразрыва под давлением через выпускную линию 28 манифольда к устью 30 скважины. В устье 30 скважины жидкость 18 для гидроразрыва направляют через ствол скважины, который продолжается через обсадную трубу 32 скважины, для разрыва подземного пласта.

По-прежнему со ссылкой на фиг. 1, электрогидравлическая насосная система 12 для гидроразрыва выборочно принимает электрическую энергию через проводники 34 от системы 36 энергоснабжения. Система 36 энергоснабжения включает в себя генератор и первичный привод, такой как двигатель внутреннего сгорания, который может представлять собой газотурбинный двигатель. Система 40 управления включает в себя компьютер, который выполняет различные сохраненные программы, принимая при этом входные данные и отправляя команды для управления электрогидравлической насосной системой 12 для гидроразрыва, например включения и отключения различных компонентов такой системы, а также для приведения электрогидравлической насосной системы 12 для гидроразрыва в рабочий режим для гидроразрыва подземных пластов путем управления различными электронными, электромеханическими и гидравлическими системами и/или другими компонентами каждой электрогидравлической насосной системы 12 для гидроразрыва. Для управления электрогидравлической насосной системой(ами) 12 гидроразрыва система 40 управления гидроразрывом на объекте может включать в себя электронную систему управления модели TDEC-501, выпускаемую компанией Twin Disc®, Inc.

Обратимся теперь к фиг. 2, электрогидравлическая насосная система 12 для гидроразрыва включает в себя электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения, показанный как основной электромотор 42. Основной электромотор 42 представляет собой электромотор высокой мощности с постоянной частотой вращения, например около 1000 л. с. (лошадиных сил) или имеющий крутящий момент, эквивалентный моменту дизельного двигателя мощностью около 1000 л. с. Основной электромотор 42 работает с относительно высокой фиксированной частотой вращения, такой как фиксированная номинальная частота вращения около 3000 об/мин (оборотов в минуту). Основной электромотор 42 соединен и подает мощность на промышленный редуктор или трансмиссию, рассчитанные на сложные условия эксплуатации, показанные как трансмиссия 44. Трансмиссия 44 может представлять собой многоскоростную трансмиссию с несколькими передачами, которые обеспечивают несколько практически равномерно распределенных передаточных отношений для облегчения точного регулирования частоты вращения выходного вала трансмиссии и, соответственно, рабочей частоты вращения насоса 16 гидроразрыва, а также расхода и давления на выходе. Трансмиссия 44 может представлять собой, например, модель TA90-7600, выпускаемую компанией Twin Disc®, Inc., которая позволяет переключать передачи, когда насос 16 гидроразрыва находится под полной нагрузкой. Приводной вал 46 передает крутящий момент от трансмиссии 44 к насосу 16 гидроразрыва.

По-прежнему со ссылкой на фиг. 2, трансмиссия 44 включает в себя стойку отбора мощности или секцию с парой насосных площадок 48, 50 для крепления и механической передачи мощности или приема мощности от разнообразных компонентов, например гидравлических компонентов. Показанная ниже насосная площадка 48 изображена с установленной парой насосов 52, 54 трансмиссии, которые могут быть выполнены с возможностью, например, подачи масла под давлением для смазывания трансмиссии и управления компонентами с гидравлическим приводом, входящими в состав трансмиссии.

По-прежнему со ссылкой на фиг. 2, пусковой гидравлический мотор 56 может представлять собой высокоскоростной гидравлический мотор с низким крутящим моментом, который показан установленным на насосах 52, 54 трансмиссии и, следовательно, на трансмиссии 44 с помощью насосной площадки 48. Электромотор 58 выборочно передает крутящий момент на пусковой гидравлический мотор 56. Электромотор 58 может представлять собой электромотор переменного тока с регулируемой частотой вращения, который существенно меньше основного электромотора 42, при этом номинальная мощность электромотора 58 составляет, например, около 50 л. с. При подаче питания на электромотор 58 в действие приводится пусковой гидравлический мотор 56, который вращает различные зубчатые передачи или другие компоненты трансмиссии 44 и, соответственно, вращает вал основного электромотора 42, когда основной электромотор 42 не имеет питания. Таким образом, пусковой гидравлический мотор 56 может быть приведен в действие для вращения вала основного электромотора 42, чтобы разогнать его достаточно близко к его номинальной фиксированной или синхронной частоте вращения, прежде чем на основной электромотор 42 будет подано питание. Пусковой гидравлический мотор 56 может, соответственно, вращаться с частотой около 3000 об/мин или с соответствующей частотой, которая позволяет вращать вал основного электромотора 42 с частотой вращения 3000 об/мин или с другой частотой, в зависимости от конкретной номинальной или синхронной частоты вращения основного электро-

мотора 42. Вращение основного электромотора 42 с помощью пускового гидравлического мотора 56 для достижения синхронной частоты вращения основного электромотора 42 позволяет подключаться напрямую от сети питания (в режиме DoL), избегая при этом высокого пускового тока электромотора (при заторможенном роторе), который в противном случае был бы необходим для запуска основного электромотора 42. Таким образом, основной электромотор 42 может быть запущен практически при нормальном рабочем токе, когда его предварительно разгоняют до его синхронной частоты вращения с помощью пускового гидравлического мотора 56.

По-прежнему со ссылкой на фиг. 2, гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва может быть выполнен с возможностью, например, обеспечивать работу насоса 16 гидроразрыва с низкой частотой вращения или низким рабочим расходом. Гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва может представлять собой низкоскоростной гидравлический мотор с высоким крутящим моментом, который установлен на насосной площадке 50. Частота вращения гидравлического мотора 60 медленного гидроразрыва может составлять часть частоты вращения пускового гидравлического мотора 56. Муфта 62 показана расположенной между гидравлическим мотором 60 медленного гидроразрыва и насосной площадкой 50 и выполнена с возможностью разъединения передачи мощности между гидравлическим мотором 60 медленного гидроразрыва и трансмиссией 44. Чтобы соответствовать различным рабочим состояниям системы гидроразрыва, муфта 62 может быть обгонной муфтой, включаемой или другой муфтой для пассивного или активного соединения или разъединения потока мощности между гидравлическим мотором 60 медленного гидроразрыва и трансмиссией. Понятно, что вместо муфты 62 или в дополнение к ее реализации, когда гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва не применяется, он может быть заблокирован от активации, которая может включать в себя связывание или удержание поршней мотора неподвижными, в зависимости от его конструкции.

Электромотор 64 выборочно передает крутящий момент на гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва. Подобно электромотору 58, электромотор 64 может представлять собой электромотор переменного тока с регулируемой частотой вращения, который существенно меньше основного электромотора 42, при этом мощность электромотора 64 может составлять, например, около 50 л. с. При подаче питания на электромотор 64 в действие приводится гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва, который вращает различные зубчатые передачи или другие компоненты трансмиссии 44 и, соответственно, вращает вал основного электромотора 42, когда основной электромотор 42 не имеет питания. Таким образом, гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва может быть задействован для вращения вала основного электромотора 42 с невысокими и точно регулируемыми частотами вращения для передачи крутящего момента через трансмиссию 44 и, соответственно, точного управления насосом 16 гидроразрыва с целью обеспечения низкоскоростного гидроразрыва пласта под высоким давлением. Частота вращения гидравлического мотора 60 медленного гидроразрыва должна составлять примерно от 800 до 1100 об/мин или приемлемую частоту вращения, с которой может вращаться вал основного электромотора 42 - примерно от 800 до 1000 об/мин или другую частоту вращения, в зависимости от конкретной скорости, необходимой для обеспечения желаемого расхода в насосе 16 гидроразрыва для осуществления гидроразрыва пласта при высоком давлении и низкой скорости. Несмотря на это, точное управление медленной частотой вращения гидравлического мотора 60 медленного гидроразрыва может быть достигнуто с использованием контроллера с обратной связью (например, контроллера пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования (PID)) в системе 40 управления (фиг. 1), который управляет частотой вращения электромотора 64, который приводит в действие гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва.

Обратимся теперь к фиг. 3, где показана примерная упрощенная гидравлическая схема установки. Гидравлические компоненты системы 10 используют общий бак или поддон, показанный здесь как резервуар 66 в составе трансмиссии 44. Гидравлическая силовая установка 68 регулирует расход гидравлической жидкости через различные компоненты в системе 10. Клапан 70 переключения режимов гидравлической силовой установки 68 обеспечивает три отдельных тракта протекания гидравлической жидкости из гидравлической силовой установки 68. Клапан 70 переключения режимов может быть, например, золотниковым клапаном с электромагнитным приводом, который обеспечивает три дискретных положения, представленных положениями 72, 74 и 76, для выборочного обеспечения расхода из трех соответствующих выходных отверстий и обеспечения трех соответствующих трактов расхода гидравлической силовой установки 68. Приведение в действие клапана 70 переключения режимов позволяет выборочно активировать и разрешать протекание потока гидравлической жидкости через пусковой гидравлический мотор 56, гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва или перекрыть расход по обоим этим трактам.

По-прежнему со ссылкой на фиг. 3, когда клапан 70 переключения режимов находится в первом положении, показанном как положение 72, гидравлическая жидкость направляют в пусковой гидравлический мотор 56. Этим задают режим пуска основного электромотора системы 10, при котором пусковой гидравлический мотор 56 передает крутящий момент для вращения вала обесточенного основного электромотора 42 до достижения его синхронной частоты вращения с целью его подготовки к подаче питания путем прямого подключения к источнику электроэнергии.

Затем, когда клапан 70 переключения режимов находится во втором положении, показанном как положение 74, гидравлическую жидкость направляют в гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва. Этим задают режим медленного гидроразрыва системы 10, при котором гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва передает крутящий момент для вращения вала обесточенного основного электромотора 42. В качестве пассивно приводимого в движение компонента, передающего крутящий момент для переноса мощности от гидравлического мотора 60 медленного гидроразрыва через трансмиссию 44 к насосу 16 гидроразрыва для достижения гидроразрыва с низкой скоростью и при высоком давлении в режиме медленного гидроразрыва системы 10, используется соответствующий вал мотора.

По-прежнему со ссылкой на фиг. 3, когда клапан 70 переключения режимов находится в третьем положении, показанном как нейтральное положение 76, гидравлическую жидкость, которая в ином случае была бы направлена в пусковой гидравлический мотор 56 или гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва, вместо этого направляют в бак или резервуар 66 трансмиссии 44. Клапан 70 переключения приводится в действие или удерживается в этом нейтральном или третьем положении 76, когда, например, основной электромотор 42 включен и приводит в действие насос 16 гидроразрыва через трансмиссию 44 и вал 46, что обеспечивает нормальное или стандартное выполнение операции гидроразрыва пласта в качестве режима нормального гидроразрыва или режима гидроразрыва системы 10. Во время режима гидроразрыва клапан 70 переключения находится в нейтральном или третьем положении 76 и, соответственно, предотвращает любое нежелательное нагнетание через пусковой гидравлический мотор 56 или гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва за счет предотвращения расхода в направлении или через пусковой гидравлический мотор 56 или гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва. Такое непреднамеренное пассивное нагнетание можно дополнительно предотвратить в отношении гидравлического мотора 60 медленного гидроразрыва, например, с помощью муфты 62 (фиг. 2), которая либо позволяет вращающемуся механизму(ам) насосной площадки 50 обгонять гидравлический мотор 60 медленного гидроразрыва, либо разъединяет селективное соединение привода между насосной площадкой 50 и гидравлическим мотором 60 медленного гидроразрыва.

Способ 100 гидравлического разрыва пласта с использованием описанных выше систем в предпочтительных вариантах осуществления представлен на фиг. 4. Способ 100 включает в себя предложение одного или нескольких первичных приводов в блоке 102. Первичными приводами в этих вариантах осуществления являются основные электромоторы, такие как описанные ранее. В блоке 104 данная система определяет, включен ли основной электромотор, и, если да, обеспечивает режим гидроразрыва в блоке 106. В режиме гидроразрыва клапан переключения режимов удерживается в нейтральном положении для осуществления гидроразрыва пласта по умолчанию, когда мощность передают от основного электромотора для приведения в действие одного или нескольких насосов гидроразрыва в блоке 108, обычно через трансмиссию (44 на фиг. 2).

Если, с другой стороны, основной электромотор не получает питания, в блоке 110 данный способ 100 определяет, желает ли пользователь активировать режим медленного гидроразрыва. Если нет, то по способу 100 гидравлическую жидкость направляют к пусковому гидравлическому мотору - блок 112, Пусковой режим. В блоке 114 второй электромотор используют для подачи питания на пусковой гидравлический мотор. Пусковой гидравлический мотор подает мощность на трансмиссию, которая выборочно передает мощность на основной электромотор, чтобы разогнать его до номинальной фиксированной или синхронной частоты вращения, что в блоке 118 позволяет напрямую подключаться к источнику электроэнергии (в режиме Direct on Line). После прямого подключения к источнику электроэнергии (в режиме Direct on Line) основной электромотор может приводить в действие насос(ы) гидроразрыва системы в блоке 108.

В режиме медленного гидроразрыва третий электромотор используют для приведения в действие гидравлического мотора медленного гидроразрыва в блоке 120. В блоке 122 может быть предусмотрена муфта для выборочной передачи мощности от гидравлического мотора медленного гидроразрыва к трансмиссии. При этом гидравлический мотор медленного гидроразрыва передает крутящий момент через трансмиссию на основной электромотор для осуществления операций гидроразрыва пласта при высоком давлении и низкой скорости. В частности, в блоке 124 выходную мощность трансмиссии используют для приведения в действие первичного привода (т.е. основного электромотора) при невысоких, точно регулируемых частотах вращения. Затем в блоке 108 выходную мощность первичного привода используют для приведения в действие одного или нескольких насосов гидроразрыва.

Хотя наилучший способ, предусмотренный изобретателями для осуществления настоящего изобретения, описан выше, практическое применение вышеупомянутого изобретения этим не ограничивается. Будет очевидно, что различные дополнения, модификации и перестановки признаков настоящего изобретения могут быть сделаны без отклонения от сущности и объема идеи, лежащей в основе данного изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электрогидравлическая нефтепромысловая насосная система высокого давления для приведения в действие насоса гидравлического разрыва, выполненная с возможностью создавать повышенное давление жидкости для гидроразрыва при ее подаче в скважину, которое передается подземным геологическим пластам, содержащая:

первый электромотор с валом, являющийся приводом электрогидравлической нефтепромысловой насосной системы высокого давления;

трансмиссию с несколькими передачами, которая обеспечивает несколько передаточных отношений, при этом такая трансмиссия выполнена с возможностью подавать мощность от первого электромотора на насос гидроразрыва и расположена между ними; и

пусковой мотор, выборочно подающий мощность через трансмиссию для вращения вала мотора первого электромотора.

2. Система по п.1, в которой первый электромотор представляет собой электромотор переменного тока (АС) с постоянной частотой вращения, который задает фиксированную номинальную частоту вращения.

3. Система по п.1, в которой пусковой мотор представляет собой гидравлический мотор и является пусковым гидравлическим мотором.

4. Система по п.3, дополнительно содержащая второй электромотор, который подает мощность на пусковой гидравлический мотор.

5. Система по п.4, в которой:

первый электромотор представляет собой электромотор переменного тока (АС) с постоянной частотой вращения, который ограничивает фиксированную номинальную частоту вращения; и

пусковой гидравлический мотор выполнен с возможностью вращения с частотой, которая соответствует фиксированной номинальной частоте вращения первого электромотора.

6. Система по п.1, дополнительно содержащая мотор медленного гидроразрыва, выборочно подающий мощность через трансмиссию для вращения вала мотора первого электромотора.

7. Система по п.6, в которой мотор медленного гидроразрыва представляет собой гидравлический мотор и является гидравлическим мотором медленного гидроразрыва.

8. Система по п.7, дополнительно содержащая третий электромотор, который подает мощность на гидравлический мотор медленного гидроразрыва.

9. Система по п.8, в которой первый электромотор представляет собой электромотор переменного тока (АС) с постоянной частотой вращения, ограничивающий фиксированную номинальную частоту вращения, и гидравлический мотор медленного гидроразрыва, который выполнен с возможностью вращения с частотой, которая меньше фиксированной номинальной частоты вращения первого электромотора.

10. Система по п.1, в которой пусковой мотор представляет собой пусковой гидравлический мотор, выполненный с возможностью вращать вал мотора первого электромотора с первой частотой вращения, которая соответствует фиксированной номинальной частоте вращения первого электромотора, и дополнительно содержит гидравлический мотор медленного гидроразрыва, выполненный с возможностью вращать вал мотора первого электромотора со второй частотой вращения, которая меньше, чем фиксированная номинальная частота вращения первого электромотора.

11. Система по п.10, дополнительно содержащая гидравлическую силовую установку, выполненную с возможностью выборочно разрешать или препятствовать протеканию гидравлической жидкости в каждый из пускового гидравлического мотора и гидравлического мотора медленного гидроразрыва.

12. Система по п.11, в которой силовая установка представляет собой клапан переключения с широким диапазоном и включает в себя три режима, включающие в себя режим запуска первого электромотора, режим медленного гидроразрыва и режим гидроразрыва.

13. Электрогидравлическая нефтепромысловая насосная система высокого давления, содержащая:

насос гидравлического разрыва, выполненный с возможностью создавать повышенное давление жидкости для гидроразрыва при ее подаче в скважину, которое передается подземным геологическим пластам;

первый электромотор, который имеет вал мотора и ограничивает первичный привод электрогидравлической нефтепромысловой насосной системы высокого давления;

трансмиссию с несколькими передачами, которая обеспечивает несколько передаточных отношений, при этом такая трансмиссия расположена между первым электромотором и насосом гидроразрыва и выполнена с возможностью подавать мощность от первого электромотора на насос гидроразрыва;

пусковой гидравлический мотор, выборочно подающий мощность через трансмиссию для вращения вала мотора первого электромотора;

гидравлический мотор медленного гидроразрыва, выборочно подающий мощность через трансмиссию для вращения вала мотора первого электромотора;

гидравлическую силовую установку в виде клапана переключения, выполненную с возможностью выборочно разрешать или препятствовать протеканию гидравлической жидкости в каждый из пусковой гидравлический мотор и гидравлический мотор медленного гидроразрыва для активации пускового гидравлического мотора для запуска первого электромотора и гидравлического мотора медленного гидроразрыва для работы первого электромотора при отсутствии питания на нем или деактивации указанных гидравлических моторов.

14. Система по п.13, в которой гидравлическая силовая установка обеспечивает возможность запуска:

режима запуска первого электромотора, в котором пусковой гидравлический мотор передает мощность через трансмиссию для раскручивания вала мотора первого электромотора до первой частоты вращения, которая соответствует фиксированной номинальной частоте вращения первого электромотора;

режима медленного гидроразрыва, в котором гидравлический мотор медленного гидроразрыва передает мощность через трансмиссию для раскручивания вала мотора первого электромотора до второй частоты вращения, которая меньше фиксированной номинальной частоты вращения первого электромотора; и

режима гидроразрыва, в котором на первый электромотор подают питание, а он подает мощность через трансмиссию на насос гидроразрыва.

15. Способ гидравлического разрыва подземного пласта с использованием электрогидравлической нефтепромысловой насосной системы по п.1, причем данный способ включает в себя этапы:

приведение в действие первого электромотора с помощью пускового мотора;

приведение в действие насоса гидроразрыва с помощью выходной мощности первого электромотора для облегчения гидравлического разрыва подземного пласта;

выборочная передача мощности от первого электромотора к насосу гидроразрыва с помощью трансмиссии,

причем первый электромотор представляет собой электромотор переменного тока с постоянной частотой вращения.

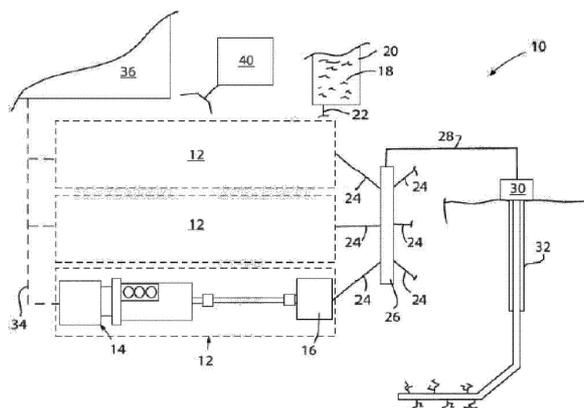
16. Способ по п.15, в котором пусковой мотор представляет собой пусковой гидравлический мотор, при этом данный способ дополнительно содержит этап, на котором в пусковом режиме приводят в действие пусковой гидравлический мотор с помощью второго электромотора и вращают вал мотора первого электромотора с помощью пускового гидравлического мотора до первой частоты вращения, которая соответствует фиксированной номинальной частоте вращения первого электромотора.

17. Способ по п.16, дополнительно содержащий подключение источника электрической энергии прямого действия к первому электромотору для приведения в действие первого электромотора в режиме гидроразрыва.

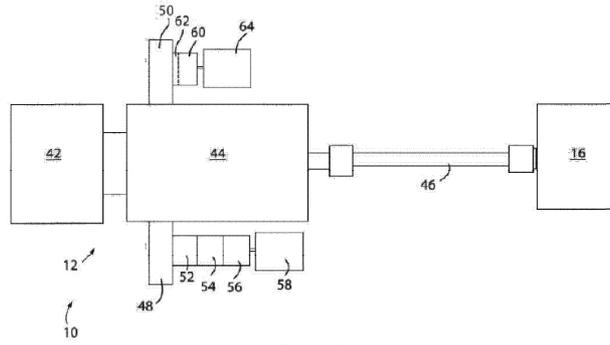
18. Способ по п.16, дополнительно содержащий этап, на котором в режиме медленного гидроразрыва с помощью третьего электромотора приводят в действие гидравлический мотор медленного гидроразрыва, при этом данный гидравлический мотор медленного гидроразрыва выборочно подает мощность через трансмиссию для вращения вала мотора первого электромотора со второй частотой вращения, которая меньше, чем фиксированная номинальная частота вращения первого электромотора.

19. Способ по п.18, дополнительно содержащий гидравлический обход каждого из пускового гидравлического мотора и гидравлического мотора медленного гидроразрыва во время режима нормального гидроразрыва.

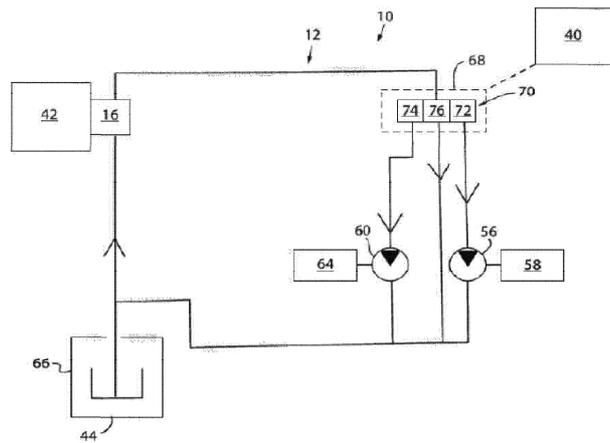
20. Способ по п.18, дополнительно содержащий выборочное разрешение или препятствование протеканию гидравлической жидкости в каждый из пускового гидравлического мотора и гидравлического мотора медленного гидроразрыва для активации или деактивации пускового гидравлического мотора и гидравлического мотора медленного гидроразрыва.



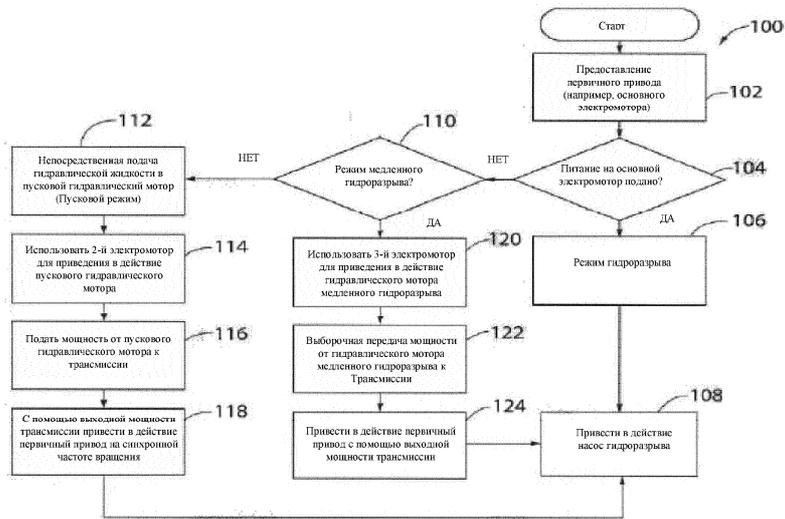
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

