

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043985**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента	(51) Int. Cl.	<i>F02C 7/26</i> (2006.01)
2023.07.12		<i>F02C 7/264</i> (2006.01)
(21) Номер заявки		<i>F02C 7/266</i> (2006.01)
202092424		<i>F02P 23/04</i> (2006.01)
(22) Дата подачи заявки		<i>F23Q 5/00</i> (2006.01)
2019.04.19		<i>C10G 32/02</i> (2006.01)
		<i>C10G 15/08</i> (2006.01)
		<i>C10G 7/00</i> (2006.01)
		<i>C10G 7/02</i> (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

(31) 62/660,694	(56) US-A1-20160177190
(32) 2018.04.20	US-A1-20050116690
(33) US	US-A1-20160207801
(43) 2021.04.07	GB-A-190503594
(86) PCT/US2019/028335	US-A1-20150256927
(87) WO 2019/204736 2019.10.24	
(71)(73) Заявитель и патентовладелец: ЗЭ ТЕКСЭС А ЭНД М ЮНИВЕРСИТИ СИСТЕМ (US)	
(72) Изобретатель: Стак Дэвид, Кэмпбелл Кристофер, Бёрнетт Мэтью, Гавлоски Николас (US)	
(74) Представитель: Нилова М.И. (RU)	

(57) Описаны примеры эффективных схем, которые производят искровые разряды для конверсии углеводородов (или обработки других смесей) с использованием высоковольтного выпрямленного источника постоянного тока для разряда конденсатора (внутреннего или внешнего) через двухэлектродный разрядник, оптимизированный для минимизации потерь энергии за счет работы в режиме постоянного тока, приблизительно постоянного тока или постоянной мощности. Схемы могут работать от стандартной линии электропитания (например, 120 В переменного тока или 240 В переменного тока, 60 Гц, однофазные или многофазные). Раскрытый подход можно расширить до любого количества разрядных промежутков при сохранении аналогичных импульсных характеристик и электрического КПД.

B1

043985

043985

B1

Перекрестная ссылка на родственную заявку

Настоящая заявка испрашивает приоритет относительно предварительной заявки на патент США № 62/660694, названной "EFFICIENT CIRCUIT IN PULSED ELECTRICAL DISCHARGE PROCESSING", поданной 20 апреля 2018 г. и полностью включенной в настоящий документ посредством ссылки.

Область техники

Изобретение в целом относится к электрической схеме искрового разряда с высоким коэффициентом полезного действия (КПД) для использования в промышленной переработке тяжелых жидких углеводородов в более легкие продукты.

Уровень техники

Нефтяную и газовую промышленность можно разделить на три хронологических сектора: нефтегазодобыча, промежуточный и последовательная переработка. Сектор нефтегазодобычи включает в себя сектор разведки и добычи. Он охватывает поиск, добычу и извлечение сырой нефти и/или природного газа из подземных или подводных месторождений. Он также охватывает процесс бурения и эксплуатации скважин, с помощью которого извлекают и выводят сырую нефть и сырой газ на поверхность. Разведка включает в себя проведение геологических и геофизических исследований, поиск потенциальных подземных или подводных месторождений сырой нефти и природного газа, получение договоров аренды и разрешений на бурение и весь процесс бурения.

Промежуточный сектор включает в себя транспортировку сырой нефти или нефтепродуктов, обычно посредством трубопроводов, нефтяных танкеров, барж, грузовиков или по железной дороге. Конечным пунктом назначения являются нефтеперерабатывающие заводы, которые затем начинают последовательную переработку. Промежуточный сектор также включает в себя хранение этих продуктов, а также любые оптовые маркетинговые мероприятия. Промежуточный сектор может также включать в себя элементы нефтегазодобычи и последовательной переработки вследствие своего промежуточного положения. Например, промежуточный сектор может включать заводы по переработке природного газа, которые очищают неочищенный природный газ, а также удаляют и производят элементарную серу и сжиженный природный газ (СПГ) в качестве конечных продуктов.

В последнее время из-за роста цен на сырую нефть, уменьшения запасов средней и легкой сырой нефти и обилия нетрадиционных видов сырой нефти разработка запасов тяжелой сырой нефти и битума стала значительно более предпочтительной. Однако тяжелая сырая нефть и битум обладают множеством недостатков, которые необходимо устранить как при их добыче, так и при транспортировке на нефтеперерабатывающие заводы. Транспортировка тяжелой сырой нефти по трубопроводу затруднена из-за ее высокой плотности и вязкости (>1000 сП) и низкой подвижности при температуре пласта. Кроме того, такие загрязнители, как отложения асфальтенов, тяжелые металлы, сера и минеральный раствор или соль, затрудняют транспортировку и очистку с использованием традиционных способов нефтепереработки. Наличие минерального раствора или соли в тяжелой нефти приводит к коррозии трубопровода. В некоторых случаях это может привести к образованию эмульсии, такой как смесь нефти с водой, что затрудняет транспортировку. Из-за большой молекулярной массы и высокой вязкости тяжелой нефти ожидается большой перепад давления вдоль трубопровода, что делает его дорогостоящим и энергоемким. Кроме того, отложения асфальтенов забивают стенки, уменьшая площадь поперечного сечения, пригодную для потока нефти.

Следовательно, для решения этих проблем и транспортировки тяжелой нефти могут выполняться дополнительные процессы. Они включают следующие.

(1) Снижение вязкости, например предварительный нагрев тяжелой сырой нефти и битума и последующий нагрев трубопровода, смешивание и разбавление легкими углеводородами или растворителем. Вязкость смешанной смеси определяется добавленным разбавителем и его пропорцией. Для разбавления тяжелой нефти требуется два трубопровода, один для нефти, а другой для разбавителей, что дополнительно увеличивает затраты.

(2) Эмульгирование за счет образования "нефть в воде".

(3) Снижение лобового сопротивления/сопротивления трения (например, смазка трубопровода за счет использования кольцевого потока, присадки, снижающей сопротивление).

(4) Частичное облагораживание тяжелой нефти на месте для получения синтетической сырой нефти с улучшенной вязкостью, плотностью в градусах API (American Petroleum Institute, Американский институт нефти) и сведение к минимуму содержания асфальтенов, серы и тяжелых металлов.

Частичное облагораживание тяжелой нефти включает преобразование только части вакуумного остатка и получение синтетической сырой нефти (СШН), содержащей 5-25% остатка. Их можно разработать за половину стоимости полного облагораживания, но они не осуществляются в промышленном масштабе из-за отсутствия технологий, недостатков, связанных со стабильностью и экономическими параметрами СШН. Однако в таких странах, как Канада, из-за огромных запасов тяжелой сырой нефти частичное облагораживание становится конкурентоспособным вариантом.

Сектор последовательной переработки представляет собой последний этап нефтегазовой отрасли. Он включает переработку сырой нефти и переработку, и очистку сырого природного газа. Сбыт и распределение продуктов, полученных из сырой нефти и природного газа, также являются частью этого сек-

тора. Продукты, поставляемые обычным потребителям, включают газولين или бензин, керосин, реактивное топливо, дизельное топливо, топочный мазут, мазут, смазочные материалы, парафин, асфальт, природный газ и сжиженный нефтяной газ (СНГ), а также массу нефтехимических продуктов.

В стандартном процессе переработки нефти сырую нефть обессоливают и подвергают атмосферной перегонке, при которой она разделяется на фракции в зависимости от диапазона точек кипения. Температура отсечки атмосферного остатка (АО) составляет приблизительно 350-360°C. Фракции ниже этих значений испаряются и отделяются, тогда как остаток от атмосферной перегонки, содержащий более длинные углеродные цепи, требует дальнейшей перегонки при пониженном давлении и высокой температуре. В связи с этим, проводят процесс вакуумной перегонки, который важен для дальнейшего облагораживания сырой нефти и экстракционных масел. Температура отсечки вакуумного остатка (ВО) составляет приблизительно 565°C.

Однако несмотря на обработки АО и ВО нефтеперерабатывающие заводы, которые перерабатывают более тяжелую нефть, все равно будут иметь значительную долю поступающей нефти в виде остатка (например, остаток ллойдминстерской смеси составляет приблизительно 50% при 460°C). Следовательно, для крекинга тяжелой нефти требуется еще несколько процессов. В настоящее время доступно несколько способов крекинга сырой нефти. Из них термический крекинг считается наиболее эффективным и широко используется для преобразования тяжелых углеводородов с более высоким молекулярным весом в более легкие фракции с более низким молекулярным весом.

Наиболее часто используемыми способами крекинга являются гидрокрекинг, каталитический крекинг с псевдооживленным слоем и установка замедленного коксования. Хотя все эти процессы крекинга связаны с некоторыми преимуществами, они также имеют существенные недостатки. Общие преимущества включают возможность производства различных видов топлива от легкого авиационного керосина до тяжелого жидкого топлива в больших количествах.

Однако существенным недостатком применяемых в настоящее время способов синтеза более легких топлив из сырой нефти являются высокие финансовые затраты, связанные с реализацией способа. Для этих способов обычно высоки и капитальные, и эксплуатационные расходы. Кроме того, из-за экономии от повышения масштаба производства вся термическая обработка наиболее эффективна только при большом объеме и площади поверхности. Подсчитано, что минимальный эффективный масштаб для нефтеперерабатывающего завода полного цикла составляет приблизительно 200 тысяч баррелей в сутки (mille barrels per day, MBD) емкости сырой нефти.

В частности, существующий способ реализуется при высоких температурах и давлениях рабочей среды и поэтому требует специальных материалов для изготовления химических реакторов и другого специального оборудования. Например, реакторы обычно изготавливают из легированных сталей специальных сортов. Еще одним фактором, увеличивающим огромные затраты на эти процессы, является водородное охрупчивание и контроль качества. Водородное охрупчивание представляет собой процесс, при котором металлы, образующие гидрид, такие как титан, ванадий, цирконий, тантал и ниобий, становятся хрупкими и разрушаются из-за внедрения и последующей диффузии водорода в металл.

Рабочие условия для одноступенчатой установки гидрокрекинга составляют 348-427°C (660-800°F) с увеличением на приблизительно 0,05-0,1°C (0,1-0,2°F) в день, чтобы компенсировать потерю активности катализатора и давление в диапазоне от 8724 до 13790 кПа (1200-2000 фунтов на кв. дюйм). Установка для коксования топлива работает при 487-500°C (910-930°F) с типичным давлением 103,4 кПа (15 фунтов на кв. дюйм). Для установки каталитического крекинга с псевдооживленным слоем реактор и регенератор считаются основными компонентами установки каталитического крекинга с псевдооживленным слоем. Реактор находится при температуре приблизительно 535°C и под давлением приблизительно 172,4 кПа (25 фунтов на кв. дюйм), в то время как регенератор для катализатора работает при температуре приблизительно 715°C (1320°F) и давлении приблизительно 241,3 кПа (35 фунтов на кв. дюйм). Поддержание таких рабочих условий обходится очень дорого.

Кроме того, капитальные затраты на установку риформинга, такую как установка гидрокрекинга, очень велики. Подсчитано, что установка гидрокрекинга требует в пять раз больших капитальных затрат, чем атмосферная перегонка. Например, если установка перегонки сырой нефти производительностью 100000 баррелей в день стоит приблизительно 90 млн долларов, то для установки гидрокрекинга с коэффициентом сложности 5 потребуется 450 млн долларов для переработки нефти того же объема.

Кроме того, катализаторы, используемые в процессах флюид-каталитического крекинга (ФКК), весьма чувствительны к содержанию различных примесей в сырой нефти. В частности, присутствие серы в сырой нефти приводит к быстрой деградации каталитических свойств катализатора. Таким образом, необходима предварительная обработка (обессеривание) сырья, что увеличивает весомость затрат. Кроме того, никель, ванадий, железо, медь и другие загрязнители, присутствующие в исходном сырье для ФКК, оказывают вредное воздействие на активность и продуктивность катализатора. Особенно неблагоприятны никель и ванадий. Кроме того, удаление части циркулирующего катализатора в качестве отработанного катализатора и замена ее свежим катализатором для поддержания желаемого уровня активности для технологии ФКК увеличивает эксплуатационные расходы способа.

Плазмохимические способы используют различные типы электрических разрядов для создания плазмы. Такие способы крекинга и риформинга нефти описаны в различных патентах и публикациях. Например, в публикации патента США № 2005/0121366 раскрыт способ и устройство для риформинга нефти путем пропуска электрического разряда непосредственно через жидкость. Недостатком данного способа является малый ресурс электродов и связанная с этим высокая вероятность нарушения искры зажигания между этими электродами. Из-за высокого электрического сопротивления нефти, расстояние между электродами должно быть минимальным. Например, расстояние может составлять приблизительно 1 мм. Однако межэлектродное расстояние быстро увеличивается из-за эрозии электродов, что приводит к прекращению работы и/или поломке системы. Кроме того, использование таких небольших промежутков между электродами позволяет обрабатывать только очень небольшой объем исходного материала в любой момент времени.

В патенте США № 5626726 описан способ крекинга нефти, в котором используется гетерогенная смесь жидких углеводородных материалов с различными газами, например обработка плазмой дугового разряда. Этот способ имеет те же недостатки, что и описанный выше небольшой разрядный промежуток, и требует специального устройства для смешивания газа с жидкостью, а также получаемой гетерогенной суспензии. Нагрев смеси непрерывным дуговым разрядом приводит к значительным потерям энергии, повышенному сажеобразованию и низкой эффективности.

В патенте России № 2452763 описан способ, в котором искровой разряд происходит в воде, а воздействие разряда передается на гетерогенную смесь газа и жидкого углеводорода или нефти через мембрану. Это увеличивает разрядный промежуток между электродами, что увеличивает срок службы электрода, но снижает эффективность воздействия искрового разряда на углеводород или нефть. Это происходит потому, что большей частью прямой контакт плазменного разряда с углеводородной средой исключен. Кроме того, и без того сложная конструкция с использованием генератора импульсов высокого напряжения дополнительно усложняется из-за использования устройства для приготовления гетерогенной смеси и устройства для отделения обрабатываемой среды от воды, в которой создают искровой разряд.

В патенте США № 7931785 описаны способы, имеющие высокую эффективность преобразования тяжелой нефти в легкие углеводородные фракции. В этих способах гетерогенная нефтегазовая среда подвергается воздействию электронного пучка и полностью несамоподдерживающегося электрического разряда. Однако практическое использование предложенного способа является проблематичным, так как помимо сложной системы приготовления гетерогенной смеси требуется ускоритель электронов с устройством вывода электронного пучка вакуумной камеры ускорителя в газожидкостной смеси высокого давления. Ускоритель электронов представляет собой сложное техническое устройство, которое значительно увеличивает как капитальные, так и эксплуатационные расходы. Кроме того, любое использование пучка быстрых электронов сопровождается тормозным рентгеновским излучением. Таким образом, все устройство требует соответствующей биологической защиты, что еще больше увеличивает затраты.

Плазмохимические реакторы могут быть добавлены в качестве способов облагораживания на нефтеперерабатывающем заводе для всех видов сырья. Внедрение таких реакторов в процесс на нефтеперерабатывающем заводе, а не в процесс на месторождении тяжелой нефти предлагает простой и поэтапный план разработки по сравнению с реализацией на месторождении. Это в основном связано с тем, что нефть, которая должна проходить через эти реакторы на нефтеперерабатывающих заводах, уже подвергалась ряду предварительных обработок, таких как обезвоживание, обессоливание и атмосферная перегонка. Следовательно, общая обработка будет значительно проще по сравнению с реализацией на месторождении. Нефтеперерабатывающий завод может поставлять сетевое напряжение и газы-носители без дополнительной потребности в их включении в процесс облагораживания. Кроме того, эти реакторы не должны будут соответствовать строгим требованиям к трубопроводам по вязкости, плотности, содержанию олефинов и стабильности нефти, необходимым в полевых условиях. С точки зрения нефтеперерабатывающего завода в данных условиях будет увеличиваться производство необходимых дистиллятов и снижаться нагрузка на установки для коксования и гидрокрекинга, устраняя таким образом узкие места в технологической цепочке.

Раскрытие изобретения

В одном аспекте представлено эффективное электрическое устройство для генерации периодических искровых разрядов для химического преобразования углеводородов или другого исходного материала; при этом устройство состоит из управляемой током схемы, которая выпрямляет стандартный линейный вход (включая, но не ограничиваясь, 120 В переменного тока 60 Гц, 240 В переменного тока 60 Гц) в высоковольтный выход постоянного тока (например, 50 кВ). Выход постоянного тока может прилагаться к двум или более электродам, находящимся в пределах двухфазной смеси в реакторе обработки.

В другом аспекте устройство включает реактор обработки нефти для приема двухфазной смеси газа и жидкости. Смесь может включать углеводород, который нужно преобразовать. Устройство может включать многоэлектродную схему искрового разряда для преобразования углеводородов, причем в схеме искрового разряда электроды подвергаются воздействию двухфазной смеси в реакторе для обработки нефти. По меньшей мере одна схема высоковольтного выпрямителя может быть функционально связана

со схемой искрового разряда. Устройство может быть выполнено для подачи регулируемого по мощности входного сигнала в схему искрового разряда для генерации искровых разрядов на электродах.

В различных вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя может быть выполнена с возможностью генерации высокого постоянного напряжения из низковольтного входа переменного тока.

В некоторых вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя может включать по меньшей мере один генератор Кокрофта-Уолтона (CWG).

В различных вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя может работать параллельно повышающему трансформатору. Повышающий трансформатор может быть подключен к однофазному линейному входу. Линейный вход может быть по меньшей мере одним из входа 120 В переменного тока 60 Гц и входа 240 В переменного тока 60 Гц.

В некоторых вариантах воплощения изобретения один повышающий трансформатор питает множество искровых промежутков параллельно.

В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство может иметь множество трансформаторов и множество искровых промежутков с одним трансформатором для каждого искрового промежутка и с полным электрическим разделением каждой схемы искрового промежутка.

В некоторых вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя включает CWG.

В некоторых вариантах воплощения изобретения повышающий трансформатор может быть подключен к многофазному линейному входу, чтобы разделять разнофазные входные напряжения переменного тока и присоединять одну или более полных установок трансформатора CWG к каждому входу.

В некоторых вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя включает полуволновой однокаскадный CWG.

В некоторых вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя включает многокаскадный CWG.

В некоторых вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя включает двухполупериодный CWG.

В некоторых вариантах воплощения изобретения емкость по меньшей мере одного из конденсаторов в схеме выпрямителя влияет на энергию в импульсе для искровых разрядов.

В некоторых вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя работает параллельно с первым источником питания и вторым источником питания, работающим вместе с первым источником питания. Первый источник питания может преобразовывать стандартный линейный вход переменного тока в выход постоянного тока низкого напряжения. Второй источник питания может преобразовывать входное напряжение постоянного тока низкого напряжения в выходное напряжение переменного тока высокого напряжения любой частоты.

В некоторых вариантах воплощения изобретения конфигурация схемы выпрямителя задана так, чтобы иметь выходную емкость в диапазоне от 1 пФ до 1 нФ, потенциально используя любую присущую схеме паразитную емкость. В различных вариантах воплощения изобретения схема выпрямителя может иметь выходную емкость в диапазоне от 10 до 50 пФ. В некоторых версиях схема выпрямителя может иметь выходную емкость от 5 до 200 пФ. В других вариантах воплощения изобретения, схема выпрямителя может иметь выходную емкость менее 1 пФ или более 1 нФ.

В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство выполнено для создания напряжения в диапазоне от 3 до 50 кВ. В различных вариантах воплощения изобретения устройство может быть выполнено для генерации напряжения в диапазоне от 30 до 40 кВ. В некоторых версиях устройство может быть выполнено для генерации напряжения от 20 до 60 кВ. В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство может быть выполнено для генерации напряжения в диапазоне от 10 до 100 кВ. В других вариантах воплощения изобретения, устройство может быть выполнено для генерации напряжения менее 3 кВ или более 100 кВ.

В другом аспекте модель устройства включает реактор обработки для приема обрабатываемой смеси. Устройство может включать по меньшей мере одну многоэлектродную схему искрового разряда, причем по меньшей мере одна схема искрового разряда реализуется в реакторе обработки путем воздействия двух электродов искрового промежутка на смесь. Устройство также может включать по меньшей мере один генератор высокого напряжения, функционально связанный по меньшей мере с одной схемой искрового разряда. Генератор может быть устроен для подачи входа регулируемой мощности по меньшей мере в одну схему искрового разряда для генерации искровых разрядов на электродах.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генератор представляет собой генератор Кокрофта-Уолтона (CWG), эффективно связанный со схемой искрового разряда. CWG может быть выполнен с возможностью работы последовательно с повышающим трансформатором.

В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство выполнено для обеззараживания по меньшей мере одного из продуктов питания или воды.

В другом аспекте устройство для преобразования углеводородов содержит разрядную камеру, в которой находится множество электродов, разделенных промежутком. Устройство может включать в себя разрядную схему, выполненную для создания разряда между электродами. Устройство также может включать впускное отверстие для транспортировки углеводородного материала в разрядную камеру та-

ким образом, чтобы углеводородный материал достигал промежутка между электродами, и выпускное отверстие для транспортировки углеводородной фракции из разрядной камеры, причем углеводородная фракция образуется после разряда между электродами, в то время как углеводородный материал находится в промежутке. Умножитель напряжения может быть выполнен с возможностью обеспечивать управляемый ток входной сигнал в разрядную схему при подаче электрических импульсов на углеводородный материал через электроды.

В некоторых вариантах воплощения изобретения умножитель напряжения представляет собой генератор Кокрофта-Уолтона.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генератор Кокрофта-Уолтона представляет собой однокаскадный генератор Кокрофта-Уолтона.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генератор Кокрофта-Уолтона представляет собой многокаскадный генератор Кокрофта-Уолтона.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генератор Кокрофта-Уолтона является полуволновым генератором Кокрофта-Уолтона.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генератор Кокрофта-Уолтона представляет собой двухполупериодный генератор Кокрофта-Уолтона.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генератор Кокрофта-Уолтона выполнен с возможностью генерирования высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводородов.

В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство дополнительно включает в себя повышающий трансформатор.

В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство питается от источника переменного тока высокого напряжения.

В некоторых вариантах воплощения изобретения умножитель напряжения является первым умножителем напряжения и устройство дополнительно включает в себя второй умножитель напряжения, устроенный для работы параллельно с первым умножителем напряжения.

В некоторых вариантах воплощения изобретения устройство дополнительно включает повышающий трансформатор, функционально связанный как с первым умножителем напряжения, так и со вторым умножителем напряжения. Первый и второй умножители напряжения могут быть функционально связаны с одним повышающим трансформатором.

В некоторых вариантах воплощения изобретения питание устройства осуществляется с помощью прямого ввода питания от сети.

В другом аспекте устройство для преобразования углеводородов может содержать разрядную камеру, выпускное отверстие для транспортировки углеводородного материала в разрядную камеру и выпускное отверстие для транспортировки углеводородной фракции из разрядной камеры. Устройство может включать ряд параллельно работающих умножителей напряжения. Умножители напряжения могут быть выполнены с возможностью наложения электрических импульсов на углеводородный материал в разрядной камере для преобразования углеводородов. Электрические импульсы могут подаваться через разрядную схему с управляемым током входным сигналом.

В некоторых вариантах воплощения изобретения ряд умножителей напряжения представляют собой генераторы Кокрофта-Уолтона.

В некоторых вариантах воплощения изобретения ряд умножителей напряжения работают параллельно от одного повышающего трансформатора.

В другом аспекте способ преобразования углеводородов включает транспортировку углеводородного материала через выпускное отверстие в разрядную камеру. Способ может также включать использование одного или более генераторов Кокрофта-Уолтона для подачи высоковольтных электрических импульсов разряда конденсатора на углеводородный материал в разрядной камере для преобразования углеводородов. Импульсы могут подаваться через двухэлектродную схему искрового разряда, снабженную управляемым током входным сигналом. Способ может дополнительно включать транспортировку через выпускное отверстие углеводородной фракции из разрядной камеры.

В некоторых вариантах воплощения изобретения использование одного или более генераторов Кокрофта-Уолтона включает использование соответствующего количества параллельно работающих умножителей напряжения.

В некоторых вариантах воплощения изобретения генераторы Кокрофта-Уолтона являются частью устройства, которое питается от повышающего трансформатора, использующего прямой ввод питания от сети.

В другом аспекте система содержит однокаскадный полуволновой генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводородов, который питается от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

В другом аспекте система содержит набор однокаскадных полуволновых генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одиночного повышающего трансформатора с использованием

прямого ввода питания от сети для использования в конверсии углеводов.

В другом аспекте система включает однокаскадный двухполупериодный генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводов, который питается от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

В другом аспекте система содержит набор однокаскадных двухполупериодных генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одиночного повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети для применения в конверсии углеводов.

В другом аспекте система содержит многокаскадный полуволновой генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводов, который питается от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

В другом аспекте система содержит набор многокаскадных полуволновых генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одного повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети для применения в конверсии углеводов.

В другом аспекте система содержит многокаскадный полуволновой генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводов, который питается от повышающего трансформатора с использованием источника переменного тока высокого напряжения.

В другом аспекте система включает набор многокаскадных полуволновых генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одного повышающего трансформатора, использующего высоковольтный источник питания переменного тока для применения в конверсии углеводов.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1A-1D представлены чертежи моделей для различных версий схемы искрового разряда резистор-конденсатор (RC) с использованием источника питания с регулируемым напряжением (фиг. 1A, 1C) или регулируемым током (фиг. 1B, 1D), который является идеальным (1A, 1B) или неидеальным (1C, 1D). Пунктирная линия на схемах фиг. 1C и 1D указывают на внутренние компоненты неидеального источника питания.

На фиг. 2A и 2B представлены примеры эффективности схемы как функции внутренней емкости C_i источника питания и балластного сопротивления R_b для неидеальных случаев с регулируемым напряжением (2A) и током (2B).

На фиг. 3A-3H представлены примеры сравнения времени отклика при постоянном напряжении (3A-3D) и постоянном токе (3E-3H) для RC-схем.

На фиг. 4A и 4B представлены примеры эффективности при постоянном напряжении (4A) и постоянном токе (4B), а также частоты импульсов для RC-схем.

На фиг. 5 представлена репрезентативная эффективность в зависимости от значений подводимой мощности для RC-схем постоянного тока и постоянного напряжения. Эффективность заряда схемы ($\eta = P_{out} / P_{in}$) показана как функция средней подводимой мощности для RC-схемы искрового разряда с использованием вариантов с регулируемым напряжением ($\eta_{ConstantV}$) или током ($\eta_{ConstantI}$). ($C_c=200$ пФ, $R_b=10$ МΩ и $V_b=20$ кВ.)

На фиг. 6A и 6B представлены примеры зависимости эффективности от сопротивления при постоянной подводимой мощности для RC-схем с постоянным напряжением (6A) и постоянным током (6B).

На фиг. 7 представлена репрезентативная схема примера двухкаскадного полуволнового генератора Кокрофта-Уолтона с выходом переменного тока V_i и выходом постоянного тока V_o .

На фиг. 8 представлен репрезентативный общий чертеж схемы оборудования T+4CWG для питания четырех искровых промежутков с соответствующими диагностическими элементами, присоединенными к крайнему правому искровому промежутку. Для экспериментальных данных, представленных в этом описании, $C_1=110$ пФ, $C_Q=0,57$ мФ и $R_Q=22,3$ МΩ.

На фиг. 9A-9D представлены примеры графиков разброса энергии импульса как функций пробойного напряжения для каждого из четырех искровых промежутков, работающих параллельно (см. пример 1), при среднем расстоянии между искровыми промежутками 5 мм.

На фиг. 10 представлены примеры кривых напряжения для V_g и V_Q (как определено на фиг. 7), используемых для расчета энергии отдельных импульсов как $E_{pulse} = \frac{1}{2} \cdot C_Q \cdot \Delta V_Q \cdot V_b$.

На фиг. 11 представлен пример графика зависимости мощности на стенке от количества параллельных установок CWG, соответствующих наборам данных, подробно описанным в табл. 3.

На фиг. 12A-12D представлены отобранные графики, созданные на основе табличных данных в табл. 3.

На фиг. 13 представлен пример графика общей полезной выходной мощности ($P_{out} + P_{probeI} + P_{RQ}$) как функции мощности на стенке для схемы на фиг. 8. Наклон линейной аппроксимирующей линии отражает дифференциальную эффективность всей схемы.

На фиг. 14 представлен пример чертежа схемы для двухполупериодного однокаскадного генератора

Кокрофта-Уолтона.

На фиг. 15А и 15В представлены графики разброса энергии импульса как функции пробойного напряжения для схемы, изображенной на фиг. 14, питающие промежуток приблизительно 5 мм (15А) и промежуток приблизительно 1 мм (15В) (см. пример 2). Сравн. с фиг. 9. $C_1=70$ пФ, $C_Q=0,57$ мФ и $R_Q=22,3$ МΩ.

На фиг. 16 представлен пример графика общей полезной выходной мощности ($P_{out}+P_{probe1}+P_{RO}$) как функции мощности на стенке для схемы, показанной на фиг. 8. Наклон линейной аппроксимирующей линии отражает дифференциальную эффективность всей схемы. Сравн. с фиг. 13.

На фиг. 17 представлен чертеж схемы для примера полуволнового двухкаскадного генератора Кокрофта-Уолтона.

На фиг. 18 представлен пример чертежа схемы двух двухкаскадных генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одного повышающего трансформатора.

На фиг. 19А и 19В представлен общий пример того, как любая возможная схема искрового разряда может быть реализована в реакторе для обработки нефти (19А) наряду с вариантом такого воплощения, в котором используется однокаскадный CWG в паре с источником питания переменного тока для снабжения энергией искрового разряда (19В).

Подробное описание

Изобретение относится к области переработки жидкостей, содержащих молекулы тяжелых углеводородов, в более легкие жидкие и/или газообразные фракции. Изобретение может быть использовано для крекинга жидкой тяжелой нефти в более легкие углеводородные фракции с использованием потока газ-носителя, вводимого в жидкую тяжелую нефть для образования смеси с последующей ионизацией смеси электрическим разрядом. Изобретение может быть успешно использовано для достижения эффективной переработки тяжелой нефти.

В одном аспекте предложен способ крекинга жидких углеводородных материалов в легкие углеводородные фракции с использованием искрового разряда. Способ включает пропускание жидкого углеводородного материала через разрядную камеру в межэлектродный промежуток внутри разрядной камеры, где межэлектродный промежуток образуется между двумя или более электродами, отстоящими друг от друга. Способ дополнительно включает нагнетание газа-носителя в жидкий углеводородный материал, когда он входит в межэлектродный промежуток, в результате чего образуется газожидкостная углеводородная смесь. Электроды включают один или более положительных электродов и один или более отрицательных электродов, при этом отрицательные электроды подключены к конденсатору. Конденсатор заряжается до напряжения, равного или превышающего пробойное напряжение газа-носителя в межэлектродном разрядном промежутке. Когда образуется газожидкостная углеводородная смесь, она подвергается воздействию тока между электродами с напряжением, достаточным для возникновения искрового разряда. Способ также включает извлечение фракций легких углеводородов, образующихся в результате воздействия импульсного искрового разряда на газожидкостную углеводородную смесь. В некоторых вариантах воплощения изобретения плазменные разряды могут использоваться для частичного облагораживания сырой нефти перед переработкой на нефтеперерабатывающем заводе. Плазменные разряды могут генерироваться в устройстве, которое имеет схему резистор-конденсатор (RC) с искровым промежутком, параллельным конденсатору. В разных версиях используемый источник питания может быть либо источником напряжения (фиг. 1А), либо источником тока (фиг. 1В). Система условных обозначений, используемая в этих схемах, представлена ниже в табл. 1, а уравнения схемы, применимые к сценариям постоянного напряжения и постоянного тока, представлены ниже в табл. 2. В контексте данного документа, термин "постоянный ток" относится к управляемым уровням тока, вследствие чего, ток поддерживается, главным образом, на постоянном уровне или иным образом относительно ограничен в своей изменчивости благодаря одному или более элементам схемы.

Таблица 1

Значение	Символ
Сопротивление резистора	R
Емкость конденсатора	C
Напряжение питания	V
Ток источника питания	I
Мощность источника питания	$P=IV$
Пробивное напряжение искрового промежутка	V_{br}
Эффективность схемы (преобразование энергии в искру)	H
Энергия на импульс искрового промежутка	$E_{per\ pulse}$
Частота импульсов искрового промежутка	f_{pulses}

Таблица 2

	Постоянное напряжение	Постоянный ток
Эффективность	$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{V_{br}}{2V}$	$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{V_{br}}{2IR + V_{br}}$
Частота повторения импульсов	$f_{pulses} = \frac{1}{RC \ln(V/V - V_{br})}$	$f_{pulses} = \frac{I}{V_{br}C}$
Энергия на импульс	$E_{per\ pulse} = 1/2 CV_{br}^2$	$E_{per\ pulse} = 1/2 CV_{br}^2$
Средняя подводимая мощность	$P_{avg} = \frac{V_{br}^2}{2R \ln(V/V - V_{br})}$	$P_{avg} = 1/2 V_{br}I$
Напряжение на R	$V_R = V e^{-t/RC}$	$V_R = IR$
Мощность, используемая R	$P_R = V^2/R e^{-2t/RC}$	$P_R = I^2R$
Напряжение на C	$V_C = V(1 - e^{-t/RC})$	$V_C = It/C$
Включение C	$P_C = V^2/R(1 - e^{-t/RC})e^{-t/RC}$	$P_C = I^2t/C$
Ток	$I = V/R e^{-t/RC}$	I

Для целей обсуждения, соответствующих фиг. 3-5, предполагается, что элементы схемы поддерживаются постоянными, а именно что $C=200$ пФ, $R=10$ МΩ и $V_{br}=20$ кВ (установленный промежуток и т.д.). Кроме того, будет считаться, что средняя мощность установлена по возможности равной (т.е. когда V и I не изменяются). Это условие также делает частоту импульсов равной для обеих схем, поскольку энергия на импульс одинакова для обеих схем ($P_{avg} = E_{per\ pulse} f_{pulses}$).

Репрезентативные временные характеристики для схем на фиг. 1 показаны на фиг. 3 для двух импульсов. В этих примерах схема постоянного напряжения имеет экспоненциальное поведение, при котором ток падает по мере заряжения конденсатора. В цепи постоянного тока есть линейно возрастающее напряжение, как для конденсатора, так и для источника питания, смещенных по отношению друг к другу из-за постоянного падения напряжения на резисторе. Мгновенная мощность каждого элемента показана на фиг. 3Д и 3Н, где наблюдается разрыв во время разряда. В схеме постоянного напряжения на резисторе уменьшается мощность, в то время как конденсатор имеет более сложное поведение: мощность сначала увеличивается, а затем уменьшается. Схема постоянного тока имеет постоянную мгновенную мощность на резисторе из-за постоянного тока и линейного падения мощности на конденсаторе.

Эффективность репрезентативных схем можно увидеть на фиг. 4 и 5, где максимальная эффективность для схемы постоянного напряжения показана как 50%. Это происходит, когда напряжение устанавливается точно на пробойное напряжение. Это означает, что значительная часть энергии, поступающей в систему (т.е. 50% или более), будет сожжена резистором. Однако максимальная эффективность для схемы постоянного тока, как показано, составляет 100%, когда ток стремится к нулю. Такая эффективность может быть достигнута только тогда, когда падение напряжения на резисторе сведено к минимуму практически до нуля (также достижимо при R стремящемся к 0).

Как видно на фиг. 5, частота импульсов пропорциональна подводимой мощности. Поскольку ток и подводимая мощность пропорциональны в схеме постоянного тока, увеличение тока вызывает пропорциональное увеличение мощности. В схеме постоянного напряжения это поведение не линейное, а скорее логарифмическое.

Как комментарий к фиг. 6, сопротивление изменяется при сохранении постоянными других элементов схемы, а именно $C=200$ пФ, $V_{br}=20$ кВ и $P_{avg}=12,43$ Вт. Эта средняя подводимая мощность, подаваемая от источника питания, является той же средней подводимой мощностью, что и графики, зависящие от времени (см. фиг. 3), что дает частоту импульсов 310,7 Гц для обеих схем. В результате изменяется и напряжение источника питания, чтобы поддерживать постоянную подводимую мощность. По мере уменьшения сопротивления эффективность приближается к максимальному значению, которое составляет всего 50% в схеме постоянного напряжения, но составляет 100% в схеме постоянного тока.

Внешние параметры (например, соображения о химических процессах в искровом разряде, динамика пузырьков и т.д.) влияют на оптимальную энергию в импульсе, пробойное напряжение и частоту импульсов. Это связано с тем, что в этих представлениях энергия в импульсе зависит только от емкости и

пробойного напряжения, которые влияют на природу разряда и, следовательно, на химический состав нефти. Частота импульсов может частично зависеть от скорости потока нефти, а также от динамики пузырьков и других факторов, чтобы можно было достичь более равномерной обработки нефти. Как правило, если частота слишком низкая, может быть обработано меньше нефти, в то время как чрезмерная частота может означать, что нефть может подвергаться чрезмерной обработке и плохо перемешиваться. Когда пробойное напряжение, емкость и частота задаются внешними параметрами, можно определить среднюю мощность, которая определяет напряжение или ток, необходимые для источника питания. Таким образом, сопротивление остается в качестве параметра для выбора схемы. В типичных схемах постоянного напряжения выбор сопротивления зависит от выбора напряжения источника питания, как видно из зависимости частоты импульсов от значения сопротивления (см., например, фиг. 6), однако в типичной схеме постоянного тока сопротивление влияет только на эффективность, поэтому выбор сопротивления не зависит от мощности, подаваемой на искровой промежутке.

Реальные источники питания не идеальны, поскольку у них есть внутреннее сопротивление и выходная емкость. Однако в различных вариантах воплощения изобретения однажды спроектированная система не будет иметь изменяющуюся мощность и, следовательно, конструкция может быть сделана так, чтобы задавать оптимальные условия, которые будут не так сильно отличаться от идеальной схемы. Кроме того, в различных вариантах воплощения изобретения источник тока может быть получен с использованием источника напряжения с очень низкой выходной емкостью, который ведет себя больше как источник тока.

В различных вариантах воплощения изобретения как было предложено вышеприведенным анализом, предпочтительным выбором схемы был бы источник питания постоянного тока, независимо от параметров условий плазмы. В таких вариантах воплощения изобретения, выбор источника постоянного тока может обеспечить наивысшую эффективность из двух рассмотренных здесь вариантов. Т.е. в то время как система постоянного напряжения имеет теоретическую максимальную эффективность 50% в приведенных выше представлениях, системы постоянного тока могут иметь гораздо более высокую эффективность, теоретически приближающуюся к 100%. Определенный анализ идеализированных схем для источника питания может немного снизить эффективность, но источник постоянного тока с более высокой теоретической эффективностью может быть предпочтительнее. Следовательно, в различных вариантах воплощения изобретения возможны высокие электрические КПД при работе схемы искрового разряда высоковольтного зарядного конденсатора в режиме постоянного тока по сравнению с режимом работы с постоянным напряжением. В некоторых вариантах воплощения изобретения высоковольтный плазменный генератор, который работает от стандартной доступной мощности на линии (например, 60 Гц, от 120 до 480 В переменного тока), может достигать эффективности, например, 70% или больше. Как обсуждается ниже, в различных вариантах воплощения изобретения в частности, может использоваться генератор Кокрофта-Уолтона, питаемый от повышающего трансформатора.

RC зарядные схемы с балластным резистором и конденсатором, включенными последовательно, и искровым промежутком, включенным параллельно конденсатору, могут использоваться для создания искровых разрядов. По указанному выше причинам такая схема может быть более эффективной при работе в режиме постоянного тока. Однако балластный резистор в этой схеме может быть рассеивающим элементом с потерями мощности, равными $P_R = I^2 R$. Из-за этого в некоторых вариантах воплощения изобретения единственным способом повысить эффективность этой схемы без уменьшения балластного сопротивления (необходимого для защиты источника питания) является поддержка зарядного тока I (пропорционального частоте импульсов) на очень низком уровне. Кроме того, имеющиеся в продаже источники питания с настройкой постоянного тока не могут быть оптимизированы на повышение КПД.

Для решения таких проблем, в некоторых вариантах воплощения изобретения может использоваться генератор Кокрофта-Уолтона (CWG) в качестве альтернативной высоковольтной искровой цепи постоянного тока. Обращаясь к фиг. 7, в этой схеме используется комбинация диодов и конденсаторов для выпрямления переменного тока на входе в постоянный ток на выходе при высоких напряжениях, необходимых для переработки нефти (~30 кВ). В некоторых версиях однокаскадные схемы этого типа (1 каскад=2 конденсатора и 2 диода) могут быть собраны последовательно в виде более крупной многокаскадной CWG для линейного увеличения выходного напряжения в соответствии с уравнением $V_o = N_{stages} V_{pp}$, где V_{pp} представляет собой двойную амплитуду входного напряжения переменного тока, N_{stages} представляет собой количество каскадов, V_o представляет собой выходное постоянное напряжение. Поскольку CWG не имеет диссипативных элементов, он может быть весьма эффективным (в идеале 100%). Основные потери мощности могут быть вызваны электрическим нагревом неидеальных диодов. В некоторых вариантах воплощения изобретения для входного высокого напряжения переменного тока, необходимого для питания такой схемы, можно использовать повышающий трансформатор, подключенный непосредственно к мощности на линии, который также не имеет диссипативных элементов и в целом также весьма эффективен.

В различных вариантах воплощения изобретения такие схемы могут быть модифицированы для параллельного питания множества искровых промежутков. Такие варианты воплощения изобретения могут

быть полезны для приложений, которые должны быть расширенными. Подключение множества параллельных искровых промежутков к одному высоковольтному выходу постоянного тока может не привести к необходимой работе в определенных ситуациях, потому что выходная мощность может неравномерно распределяться между множеством промежутков, потенциально искра может возникать исключительно в одном промежутке. Однако в некоторых вариантах воплощения изобретения схема, включающая множество подсхем Кокрофта-Уолтона, питаемых, например, от одного входа переменного тока (как показано на фиг. 8), может использоваться для расширения до множества искровых промежутков с питанием от CWG, с повышающим трансформатором, настроенным на подачу достаточной мощности.

Теперь будет представлен анализ эффективности по четырем параллельным однокаскадным искровым промежутком с питанием от CWG, чтобы проиллюстрировать потенциальное повышение эффективности. В частности, электрический КПД схемы, изображенной на фиг. 8, с одним трансформатором 120 В-12 кВ переменного тока, питающим четыре отдельные подсхемы искрового промежутка генератора Кокрофта-Уолтона (Т+4CWG). Хотя приведенный ниже анализ эффективности применим к выходу плазменной мощности в среду любого типа, эксперименты были проведены с использованием искровых промежутков в воздухе с предполагаемым применением искровых промежутков в смеси нефти и газа. Следовательно, пары наконечников стрелок ($\rightarrow \leftarrow$) на фиг. 8, 14, 17 и 19 следует рассматривать как общий случай: искровой промежуток в неопределенной среде. Основной независимой переменной для экспериментальных данных, представленных в этом разделе, был интервал искрового промежутка. Каждый искровой промежуток регулировался вручную с использованием физического разделителя, так чтобы все четыре промежутка были насколько возможно одинаковыми перед измерением. Были испытаны промежутки 2,7; 3,2; 4,6; и 5,0 мм. На фиг. 8, крайняя правая подсхема CWG включает дополнительную схему вокруг искрового промежутка. Это зарядно-импульсное устройство, разработанное для расчета энергии на импульс и средней выходной мощности. Это устройство было перемещено в каждый из трех других искровых промежутков между измерениями, что привело к получению четырех аналогичных наборов данных за сеанс. Поскольку для четырех параллельных искровых промежутков были протестированы четыре различных промежутка между искровыми промежутками, было собрано и проанализировано шестнадцать полных наборов данных (см. табл. 3).

Способ расчета эффективности зависит от количественного определения средней энергии, выделяемой в плазме во время разряда. Для этого был разработан способ электрической диагностики для измерения общего количества заряда, перемещаемого за искру, показанного как подсхема, присоединенная к крайнему правому искровому промежутку на фиг. 8. По заряду в импульсе рассчитывается энергия в импульсе. Эта процедура для вычисления энергии в импульсе работает путем регистрации значения V_Q (как определено на фиг. 7) непосредственно до и сразу после возникновения искры: $\Delta V_Q = V_{Q,after} - V_{Q,before}$. Энергия в импульсе затем может быть рассчитана как $E_{pulse} = \frac{1}{2} \cdot C_Q \cdot \Delta V_Q \cdot V_b$, где V_b измеряется путем взятия значения V_g (как определено на фиг. 7) до пробоя. Эта процедура повторялась для каждого искрообразования в течение односекундного интервала измерения, и вычислялось среднее значение E_{pulse} . На фиг. 9 представлены графики E_{pulse} как функции V_b для одного набора данных, который очень хорошо согласуется с квадратичной функцией $E_{pulse} = \frac{1}{2} \cdot C_{equiv} \cdot V_b^2$ (с использованием C_{equiv} в качестве параметра аппроксимации методом наименьших квадратов). Было обнаружено, что C_{equiv} имеет среднее значение 240 пФ по всем наборам данных в этом эксперименте, что сравнимо со случаем, когда два конденсатора C_1 в одном CWG присоединяются параллельно для одного искрообразования, $C_{equiv} \approx C_1 + C_1 = 220$ пФ. Затем можно рассчитать среднюю выходную мощность плазмы P_{out} как $P_{out} = E_{pulse} \cdot f_{avg}$, где f_{avg} представляет собой среднюю частоту повторения радиоимпульсов искрового генератора в течение интервала измерения.

Средние значения P_w , P_{probel} и P_{RQ} также были измерены вместе с вычисленным выше измерением P_{out} для определения эффективности. P_w измеряли вручную с помощью настенного измерителя мощности Kill-A-Watt, а P_{probel} и P_{RQ} определяли с помощью $P_R = \langle V^2/R \rangle$. Перед получением данных напряжения, используемых для анализа энергии в импульсе, сначала было измерено P_w для различных нагрузок (путем изменения количества подсхем CWG, работающих параллельно, N_{CWG}), как показано на фиг. 10. Из этого графика видно, что функция $P_w = f(N_{CWG})$ является строго линейной в каждом случае со средним отрезком $P_w = f(N_{CWG}=0) = \sim 19,0$ Вт и средним наклоном $dP_w/dN_{CWG} = \sim 2,5$ Вт / #. Если предположить, что это соотношение остается линейным, трансформатор станет работать более эффективно при параллельном питании большего количества установок CWG. Хотя это может быть неэкономичным при использовании с низким энергопотреблением (например, P_w меньше 50 Вт), примеры воплощения изобретения этой схемы могут быть очень полезны для расширенных версий реактора с большой мощностью (например, P_w приблизительно 900 Вт). Вышеупомянутое предположение также подразумевает, что каждая установка CWG получает от трансформатора среднюю подводимую мощность, равную dP_w/dN_{CWG} , рассчитанную посредством линейной регрессии данных, показанных на фиг. 11.

Используя вышеупомянутые данные, дифференциальная эффективность всей установки может быть определена и вычислена как $\eta_{total,diff} = (P_{out} + P_{probel}) / (dP_w/dN_{CWG})$, как показано в табл. 3 и на фиг. 12. В

общем CWG может быть очень эффективным, теряя мощность только из-за сопротивления неидеальных диодов. Обсуждаемый здесь эксперимент продемонстрировал, что $\eta_{total,diff} \approx 68\%$, при этом эффективность немного снижается для более высоких пробойных напряжений (большие промежутки между зарядниками) из-за увеличения утечки тока через коронные разряды в окружающий воздух (что можно решить, например, герметизацией схемы, сведя к минимуму незащищенный металл и т.д.).

Альтернативный способ количественной оценки общей дифференциальной эффективности данной установки заключается в построении графика общей выходной мощности ($P_{out} + P_{probe1} + P_{RQ}$) как функции подводимой мощности на стенке, как показано на фиг. 13. Этот график, как и следовало ожидать, строго линейный. Наклон результирующей линии соответствия, $dP_{out,tot}/dP_w$ равен дифференциальной эффективности всей установки и составляет 64,9%. Это значение хорошо согласуется с общими значениями дифференциальной эффективности, установленными с помощью $(P_{out} + P_{probe1}) / (dP_w / N_{CWG})$, показанными в табл. 3 ниже (которая представляет табличные результаты экспериментов) и на фиг. 13.

Таблица 3

Наим. промежутка	Дата	Ограничение промежутка [мм]	(dP_w/N_{CWG}) [Вт]	$V_{b,avg}$ [кВ]	$V_{b,max}$ [кВ]	$E_{pulse,avg}$ [мДж]	f_{avg} [Гц]	P_{out} [Вт]	P_{probe1} [Вт]	P_{RQ} [мВт]	$\eta_{total,diff} = (P_{out} + P_{probe1}) / (dP_w / N_{CWG})$
A	4 марта	2,7	2,09	10,6	13,5	15,6	87,6	1,37	0,116	1,4	71,1%
B	4 марта	2,7	2,09	10,8	14,9	12,6	92,2	1,26	0,113	1,3	65,8%
C	4 марта	2,7	2,09	10,1	12,1	12,5	105,7	1,32	0,092	1,7	67,8%
D	4 марта	2,7	2,09	10,9	15,5	18,6	71,8	1,34	0,106	1,3	68,9%
4 марта Сред.		2,7	2,09	10,9	14,0	14,8	89,3	1,32	0,107	1,4	68,4%
A	5 марта	3,2	2,25	11,9	17,7	16,5	89,0	1,47	0,134	1,4	71,3%
B	5 марта	3,2	2,25	13,2	17,7	20,0	75,9	1,52	0,171	1,3	75,2%
C	5 марта	3,2	2,25	12,0	16,1	16,0	94,4	1,51	0,133	1,6	73,1%
D	5 марта	3,2	2,25	12,6	16,1	20,6	79,0	1,63	0,138	1,7	78,4%
5 марта Сред.		3,2	2,25	12,4	16,9	18,3	84,6	1,53	0,144	1,5	74,5%
A	6 марта	4,6	2,86	15,5	20,5	20,5	52,2	1,65	0,240	1,2	66,1%
B	6 марта	4,6	2,86	16,5	20,6	20,6	53,7	1,72	0,229	1,2	68,2%
C	6 марта	4,6	2,86	14,9	18,9	18,9	60,2	1,41	0,262	1,0	58,5%
D	6 марта	4,6	2,86	16,3	19,8	19,8	45,3	1,54	0,252	1,1	62,8%
6 марта Сред.		4,6	2,86	15,8	20,0	30,3	52,8	1,58	0,246	1,1	63,9%
A	7 марта	5,0	2,61	15,6	21,2	21,2	48,1	1,49	0,277	1,0	67,6%
B	7 марта	5,0	2,61	17,2	21,3	21,3	40,9	1,35	0,324	0,8	64,2%
C	7 марта	5,0	2,61	17,3	22,0	22,0	39,3	1,37	0,329	0,8	65,0%
D	7 марта	5,0	2,61	17,0	20,2	20,2	39,3	1,48	0,292	1,0	68,0%
7 марта Сред.		5,0	2,61	16,8	21,2	34,1	41,9	1,42	0,306	0,9	66,2%

Теперь будет представлен пример анализа эффективности для двухполупериодного искрового промежутка с питанием от CWG. Аналогичные измерения мощности и энергии на импульс были выполнены с использованием двухполупериодного однокаскадного генератора Кокрофта-Уолтона (см. фиг. 14) для определения эффективности. Данная типичная схема включает две подключенные подсхемы Кокрофта-Уолтона, питаемые от входов противоположной полярности от одного и того же трансформатора, что позволяет использовать полный цикл переменного тока для зарядки конденсатора. Эти результаты (фиг. 15 и 16) напрямую сопоставимы с результатами для полуволновой схемы, показанными на фиг. 9 и 13, показывая, что разница в дифференциальной эффективности между двухполупериодной схемой (фиг. 14) и полуволновой схемой незначительна (<5%).

В типичных конструкциях, альтернативных представленным на фиг. 8 и 14, раскрытые методы ге-

нерации импульсов высокого напряжения для использования в конверсии углеводородов охватывают все варианты схемы T+CWG, такие как изображенные на фиг. 17 и 18. Основные конструктивные параметры включают

(1) количество искровых промежутков с питанием от CWG, работающих параллельно от одного трансформатора;

(2) количество каскадов (2 конденсатора+2 диода) в каждом CWG ($V_{DC} = N_{stages} V_{pp}$); и

(3) двухполупериодные или полуволновые конструкции.

В различных вариантах воплощения изобретения может использоваться любая комбинация и изменение вышеуказанных параметров.

Для создания рентабельного процесса конверсии углеводородов желательно иметь эффективную электрическую схему. Такая схема предпочтительно теряет минимальную часть подводимой энергии в виде тепла (диссипативные потери) или нежелательной утечки заряда (потери переноса заряда), передавая большую часть своей энергии на материал между двумя разрядными электродами посредством химических процессов. В случае конверсии углеводородов, например, этот материал может представлять собой двухфазную комбинацию тяжелых углеводородов и выбранного газообразного донора водорода (например, H_2 , CH_4). В различных вариантах воплощения для нацеливания конкретных химических реакций, которые приведут к желаемой конверсии с минимальным образованием сажи, используются относительно небольшие энергии импульса (приблизительно 30 мДж или меньше). В различных вариантах воплощения изобретения схема также может быть относительно компактной, чтобы упростить внедрение в полную реакторную систему, и может иметь саморетрансляционную конструкцию для помощи в расширении системы реактора. Что касается эффективности, в некоторых вариантах воплощения изобретения можно ожидать эффекта уменьшения отдачи при улучшении электрического КПД схемы. Например, увеличение эффективности с 30 до 50% может внести гораздо больший вклад в рентабельность процесса конверсии углеводородов, чем увеличение с 70 до 90%. Для некоторых обсуждаемых здесь вариантов воплощения изобретения, можно предположить, что подходящим КПД схемы будет приблизительно 60% или выше.

Возвращаясь к фиг. 1, основным примером схемы, которая может использоваться для этого приложения, является простая RC-схема, в которой используется источник постоянного тока с регулируемым напряжением (а) или регулируемым током (б) для зарядки одного высоковольтного конденсатора, пока напряжение конденсатора не превысит текущее пробойное напряжение искрового промежутка и в этот момент возникает искра, и конденсатор выравнивается. Балластный резистор обычно включается последовательно с источником постоянного тока для уменьшения повреждений, вызванных искрой. Вычислительная модель этой схемы показала, что при использовании источника питания, управляемого напряжением, максимально возможная энергоэффективность, достижимая при изменении RC-схемы, составляет 50% даже в пределах небольшого балластного сопротивления и минимального перенапряжения ($V_{overvoltage} = V_s - V_b$, где V_s представляет собой постоянное напряжение питания, V_b представляет собой пробойное напряжение). Однако, в различных вариантах воплощения изобретения использующих источник питания с регулируемым током, можно достичь 100% энергоэффективности в пределах как небольшого зарядного тока (или малой подводимой мощности), так и небольшого балластного сопротивления (см. фиг. 5). Этот результат справедлив и для неидеальной RC-схемы искрового разряда (фиг. 2).

В некоторых вариантах воплощения изобретения RC-схема, работающая с этими предельными параметрами для достижения максимальной эффективности, нецелесообразна для предполагаемого приме-

нения, поскольку частота импульсов пропорциональна зарядному току (согласно $f = \frac{I_s}{C_1 V_b}$, где I_s представляет собой установленный зарядный ток, а C_1 представляет собой зарядную емкость). Кроме того, имеющиеся в продаже источники питания высокого напряжения с регулируемым током обычно не оптимизированы по эффективности. Тем не менее этот результат имеет важное значение для всех возможных схем с высоким КПД, которые работают за счет разряда энергии, накопленной в конденсаторах. В целом, потенциально сложные схемы искрового разряда можно рассматривать как имеющие некоторую эквивалентную емкость, которая обеспечивает энергию для каждого искрообразования, а также некоторое эквивалентное сопротивление, которое приводит к диссипативным потерям. Следовательно, основываясь на результатах вышеупомянутой вычислительной модели, версия любой схемы искрового разряда с управляемым током будет по своей сути более эффективной, чем ее аналог с управляемым напряжением. Это также относится к схемам с ограничением мощности, которые почти ограничены по току, когда схема, управляемая напряжением, достигает предела мощности.

Примером конфигурации схемы, которая соответствует требованиям различных приложений, является обсуждаемый выше CWG. Эта схема выпрямляет входной переменный ток с помощью "лестницы" из высоковольтных диодов и конденсаторов для получения высокого напряжения постоянного тока на выходе, которое может быть подключено непосредственно к искровому промежутку (фиг. 7). В таком случае конденсаторы в этой выпрямительной схеме составляют полную емкость C_{equiv} , разряженную во

время искрового выброса энергии E_{spark} , в соответствии с $E_{spark} = \frac{1}{2} C_{equiv} V_b^2$, где V_b представляет собой пробойное напряжение (равное напряжению, накопленному во всей выпрямительной подсхеме непосредственно перед искрообразованием). В идеальном случае диоды и конденсаторы в этой схеме имеют нулевые диссипативные потери (из-за электронагрева) и, следовательно, могут приближаться к 100% эффективности. Кроме того, в различных приложениях для CWG максимально возможная частота импульсов равна частоте возбуждения входного переменного тока (например, 60 Гц при использовании линейного входа). Когда в цепи происходит искрообразование на этой частоте, со средней энергией на импульс $E_{spark} = \frac{1}{2} C_{equiv} V_b^2$, ее средняя выходная мощность ограничивается в соответствии с $P_{out} = E_{pulse} f$. Следовательно, схема CWG извлекает выгоду из вышеупомянутых преимуществ схем искрового разряда с регулируемым током и ограничением мощности. Экспериментальные доказательства, представленные в этом описании, подтверждают это утверждение, показывая, что дифференциальная эффективность такой схемы искрового разряда CWG превышает 50%, что невозможно в системе, управляемой напряжением. В некоторых вариантах воплощения изобретения несколько однокаскадных CWG могут быть объединены параллельно для дальнейшего увеличения конечного выходного напряжения постоянного тока V_{out} результирующей многокаскадной схемы лестничного типа в соответствии с соотношением $V_{out} = N_{stages} V_{pp,in}$, где N_{stages} представляет собой количество ступеней и $V_{pp,in}$ представляет собой размах напряжения входного переменного тока. Например, идеальный двухкаскадный CWG, работающий при входном напряжении 10 кВ переменного тока (размах 20 кВ), будет производить выходное напряжение 40 кВ постоянного тока.

Хотя, в некоторых вариантах воплощения изобретения схема лестничного типа Кокрофта-Уолтона потенциально может питаться от стандартного подключения (например, 120 В переменного тока), количество каскадов CWG, необходимых для выпрямления этого входа до высоких напряжений постоянного тока, необходимых для преобразования углеводородов (~30 кВ), будет относительно большим. Например, для преобразования 120 В переменного тока в 30 кВ постоянного тока потребуется 125 каскадов ($N_{stages} = V_{out} / V_{pp,in}$) без учета потерь или кратковременного падения напряжения. Для решения этой проблемы, в различных вариантах воплощения изобретения может использоваться повышающий трансформатор напряжения. Как правило, от переменного тока на входе повышающий трансформатор может генерировать более высокое напряжение (потенциально кВ) переменного тока на выходе с высоким КПД (также из-за отсутствия элементов, которые проявляют электронагрев). Используя это выходное напряжение в кВ переменного тока от трансформатора в качестве входа для схемы лестничного типа CWG (T+CWG), можно достичь приблизительно 30 кВ постоянного тока, используя значительно меньшее количество каскадов CWG, чем при прямом линейном входе, при сохранении высокого КПД. Эта концепция подразумевает пространство параметров возможных конфигураций T+CWG с различными коэффициентами поворота трансформатора и номерами каскадов CWG. Также стоит отметить альтернативную двухполупериодную конфигурацию генератора Кокрофта-Уолтона (фиг. 14), которая может использоваться таким образом, что пики как положительной, так и отрицательной полярности способствуют переносу заряда, но требуется трансформатор с двойными выходами противоположной полярности.

В различных вариантах воплощения изобретения конфигурация T+CWG, состоящая из одного повышающего трансформатора и одной схемы лестничного типа CWG, питающей один искровой промежуток, предполагает возможность расширения с использованием одной схемы T+CWG для питания нескольких искровых промежутков. Однако простое подключение одного CWG к нескольким искровым промежуткам не будет работать должным образом в различных приложениях; такая система могла бы вызвать искру в искровом промежутке при самом низком пробойном напряжении. В некоторых вариантах воплощения изобретения конфигурация схемы T+CWG, которая решает эту проблему, состоит из одного повышающего трансформатора, питающего несколько схем лестничного типа CWG (1 схема лестничного типа CWG на искровой промежуток). Каждый CWG в этой конфигурации (T+NCWG) обеспечивает независимый высоковольтный выход постоянного тока, не требуя собственного выделенного трансформатора, и может питать один искровой промежуток, не подвергаясь влиянию пробивных напряжений других искровых промежутков в той же цепи. В целом повышающие трансформаторы работают более эффективно, приближаясь к предельной мощности, поэтому относительно мощный трансформатор (например, приблизительно 1 кВт) потенциально может запитать несколько сотен искровых промежутков CWG одновременно (приблизительно 2 Вт на искровой промежуток) от прямого ввода питания от сети. Кроме того, в различных версиях трехфазный линейный вход также может использоваться для питания этой схемы (предыдущие обсуждения были сосредоточены на однофазном линейном входе). Используя трехфазный вход, можно создать систему с тремя трансформаторами с использованием вышеупомянутой схемы, с одним трансформатором, подключенным к каждой из трех фаз входа, в результате чего три схемы T+NCWG работают одновременно с задержкой по фазе в одну треть одного цикла. Кроме того, в некоторых вариантах воплощения из-за относительной простоты и компактности схемы лестничного типа CWG (2 конденсатора и 2 диода, которые можно уместить в ограничивающем объеме

1,5×2,5×0,5 дюйма), можно легко реализовать полную схему в полной реакторной системе и легко расширить (одна схема лестничного типа CWG на искровой промежутке).

Схема T+NCWG предоставляет различные возможные варианты воплощения схемы искрового разряда, которая хорошо подходит для различных применений в преобразовании углеводородов (эффективность, компактность, простота расширения, низкая энергия импульса, выходное напряжение более 30 кВ постоянного тока, управляемая током). Однако в различных альтернативных вариантах воплощения изобретения, могут использоваться другие схемы, как раскрыто в настоящем документе.

Следует отметить, что низкая выходная емкость является важной характеристикой вариантов воплощения раскрытого подхода. Типичные высоковольтные источники питания имеют относительно высокую выходную емкость (например, приблизительно 1 нФ), чтобы уменьшить колебания. Однако выходные емкости в нанофарадах могут быть слишком высокими для различных вариантов воплощения химической обработки, которые могут быть нечувствительны к колебаниям в схеме. В конкретных применениях обработки с использованием импульсных электрических разрядов большое значение имеет емкость. Емкость линейно влияет на энергию в импульсе, а низкая энергия в импульсе при высоком напряжении является преимуществом для плазмохимического процесса. Следовательно, общая емкость схемы (которая зависит от общей выходной емкости источника питания) должна быть минимизирована в некоторых вариантах реализации. Например, искровой разряд, генерируемый цепью емкостью 100 пФ через промежуток с пробойным напряжением 20 кВ, будет иметь энергию импульса 20 мДж. Для некоторых приложений этого может быть достаточно, но теоретически можно еще больше снизить энергию в импульсе за счет уменьшения емкости. Обычно это делается путем выбора имеющихся в продаже высоковольтных конденсаторов с меньшей емкостью, но также можно создать варианты воплощения этой схемы (CWG или другие), в которых используется паразитная емкость, которая обычно составляет порядка десятков пикофард для схем такого размера.

В примерных версиях схемы, рассмотренные выше, могут использоваться в импульсных плазменных системах (например, искровые разряды наносекундной длительности) для обработки сырой нефти. Схема заряжает конденсатор, а затем разряжает накопленную электрическую энергию через искровой промежуток в сырую нефть, в которой образуются пузырьки газа. Искра разрывает отдельные связи в сырой нефти, делая некоторые длинные углеродные цепи короче. Раскрытый подход может быть использован как частично усовершенствованный для повышения качества сырой нефти (т.е. его можно использовать для начала процесса переработки сырой нефти и превращения ее в другие полезные продукты, такие как бензин). Устройство может, например, использоваться для снижения вязкости сырой нефти, что облегчает ее течение. В результате нужно будет меньшее количество разбавителя или, возможно, не потребуются никакого разбавителя для нефти, которая будет помещена в трубопровод и отгружена, что снизит стоимость сырой нефти.

Хотя изобретение сфокусировано на конверсии углеводородов и их смесей, раскрытый подход также применим к обработке других соединений. В различных вариантах воплощения изобретения раскрытые системы и способы могут применяться для обработки других смесей и соединений, например, для обеззараживания воды и/или пищевых продуктов.

Термин "углеводородный материал или смесь, подлежащие обработке", может относиться к тем углеводородным соединениям и их смесям, которые являются текучими средами в атмосферных условиях. Жидкие углеводородные материалы могут быть жидкостями, которые необязательно содержат взвешенные в них твердые частицы. Жидкие углеводородные материалы могут содержать другие обычные добавки, включая, помимо прочего, улучшители текучести, антистатические агенты, антиоксиданты, парафиновые противоосадочные агенты, ингибиторы коррозии, беззольные детергенты, антидетонационные агенты, улучшители воспламенения, дегазаторы, реодоранты, снижающие сопротивление трубопровода вещества, смазывающие вещества, улучшающие цетановое число присадки, вспомогательные вещества для искрообразования, составы для защиты седел клапанов, жидкости-носители на синтетических или минеральных маслах и пеногасители. Иллюстративные жидкие углеводородные материалы включают, без ограничения, минеральное масло; нефтепродукты, такие как сырая нефть, бензин, керосин и мазут; парафиновые углеводороды с прямой и разветвленной цепью; циклопарафиновые углеводороды; моноолефиновые углеводороды; диолефиновые углеводороды; алкеновые углеводороды; ароматические углеводороды, такие как бензол, толуол и ксилол. Если жидкий углеводородный материал включает сырую нефть, сырая нефть может содержать углеводороды широкого диапазона молекулярного веса и форм. Например, углеводороды могут включать, без ограничения, парафины, ароматические соединения, нафтены, циклоалканы, алкены, диолефины и алкины. Углеводороды могут характеризоваться общим числом атомов углерода (C) и/или количеством одинарных (C-C), двойных (C=C) или тройных (C≡C) связей между атомами углерода. Благодаря разнообразию соединений, присутствующих в сырой нефти, это сырье хорошо подходит для описанного процесса. Его можно использовать для быстрого получения легких фракций, таких как бензин и керосин, или более тяжелых фракций, таких как дизельное топливо и мазут. Сотни различных молекул углеводородов в сырой нефти можно конвертировать с использованием процессов настоящей технологии в компоненты, которые могут использоваться в качестве топлива, смазоч-

ных материалов и в качестве сырья в других нефтехимических процессах.

Не ограничиваясь теорией, в любом из вышеуказанных процессов или вариантов воплощения изобретения, жидкие углеводородные материалы с высоким содержанием углерода могут быть расщеплены на молекулы с более низким содержанием углерода с образованием углеводородных фракций в среднем более легких (как по молекулярной массе, так и по температуре кипения), чем более тяжелые жидкие углеводородные материалы в сырье. Опять же, не ограничиваясь теорией, считается, что расщепление тяжелых молекул происходит за счет разрыва С-С связей. Для этих молекул энергия, необходимая для разрыва С-С связи, составляет приблизительно 261,9 кДж/моль. Это количество энергии значительно меньше, чем энергия, необходимая для разрыва связи С-Н (364,5 кДж/моль).

Свободные радикалы углеводородов притягивают атомы водорода. Таким образом, в процессе может быть использован газ-носитель, служащий источником атома водорода. Подходящие газы-носители могут включать, но не ограничиваются ими, газы, содержащие атомы водорода. Иллюстративные газы-носители могут включать, но не ограничиваются ими, водород, метан, природный газ и другие газообразные углеводороды. В любом из вышеупомянутых вариантов воплощения может использоваться смесь таких иллюстративных газов-носителей.

Если процесс должен выполняться непрерывно, различные стадии или шаги процесса могут происходить одновременно или последовательно, так что жидкий углеводородный материал непрерывно подается в разрядную камеру по мере того, как углеводородные фракции продукта выходят из камеры.

Как изложено выше, типовые процессы могут включать в себя создание плазмы искрового разряда в струе газа в межэлектродном разрядном промежутке. Пробойное напряжение газа-носителя будет меньше пробойного напряжения жидкости, соответственно, использование струи газа при том же уровне напряжения может использоваться для создания более длинного разрядного промежутка. Увеличение межэлектродного разрядного промежутка при одновременном снижении коррозионного воздействия процесса на электроды увеличивает площадь прямого контакта между плазменным разрядом и обрабатываемым жидким углеводородным материалом. Не ограничиваясь какой-либо конкретной теорией, считается, что при контакте разрядной плазмы с жидким углеводородным материалом в межэлектродном разрядном промежутке жидкий углеводородный материал может быстро нагреваться и испаряться с образованием пара. Таким образом, молекулы жидкого углеводородного материала могут смешиваться с молекулами газа-носителя и частицами плазмы, образованной в них. Электроны плазмы могут сталкиваться с молекулами углеводородов, тем самым разбивая их на более мелкие молекулы, имеющие одну ненасыщенную связь и являющиеся по существу свободными радикалами, т.е. фрагментами молекул, имеющих свободную связь. Свободные радикалы также могут возникать в результате прямого взаимодействия быстро движущихся электронов с жидкими стенками, образованными вокруг плазменного канала, установленного между электродами.

Как отмечалось выше, различные газы-носители, известные в данной области техники, могут использоваться в процессах и устройствах настоящей технологии. Примеры газов-носителей включают, но не ограничиваются ими, гелий, неон, аргон, ксенон и водород (H₂), среди других газов. В некоторых вариантах воплощения газ-носитель представляет собой водородсодержащий газ, такой как, но не ограничиваясь этим, вода, пар, чистый водород, метан, природный газ или другие газообразные углеводороды. Смеси любых двух или более таких водородсодержащих газов могут использоваться в любом из описанных вариантов воплощения. Кроме того, газы, не содержащие водород, такие как гелий, неон, аргон и ксенон, могут использоваться либо в качестве газов-разбавителей для любого из водородсодержащих газов, либо они могут использоваться с жидкими углеводородными материалами, что позволяет свободным радикалам заканчиваться друг с другом вместо атома водорода из газа-носителя. С точки зрения затрат энергии на образование одного свободного атома водорода, чтобы выбрать подходящий газ-носитель, можно сравнить энергию диссоциации различных газов-носителей или водородсодержащих газов. Так, например, для разрыва связи между атомами водорода в молекуле H₂ может потребоваться приблизительно 432 кДж/моль. Для водяного пара энергия, необходимая для высвобождения атома водорода, составляет приблизительно 495 кДж/моль, тогда как для удаления атома водорода из молекулы углеводорода, такой как метан, может потребоваться приблизительно 364,5 кДж/моль.

Согласно некоторым вариантам воплощения, газ-носитель является метаном. Использование метана или природного газа выгодно не только с точки зрения энергии, необходимой для разрыва связей, но и из-за его относительно низкой стоимости. Использование метана гарантирует, что связи С-Н разорваны с образованием водородного радикала и метилового радикала, каждый из которых может объединяться с более крупными углеводородными радикалами на стадии завершения. В некоторых вариантах воплощения газ-носитель представляет собой метан или смесь метана с инертным газом, таким как гелий, аргон, неон или ксенон.

Для создания плазмы в газовой струе могут использоваться различные типы электрических разрядов. Эти разряды могут быть как в непрерывном, так и в импульсном режиме. Например, в некоторых вариантах воплощения изобретения эффективно использование непрерывных разрядов, таких как дуговой разряд или тлеющий разряд. Однако использование этого типа разряда для крекинга тяжелых углеводородов может быть ограничено тем фактом, что нагрев газовой среды постоянным током может при-

вести к нежелательному повышению температуры внутри разрядной камеры. Такое повышение температуры может привести к увеличению коксования и образования сажи. Кроме того, при использовании непрерывного разряда продукты углеводородной фракции могут постоянно подвергаться воздействию разряда до тех пор, пока они не выйдут из плазмы. Напротив, использование импульсного разряда, особенно импульсного искрового разряда, может быть желательным с целью производства фракции легких углеводородов из фракций тяжелой нефти, поскольку интервал между импульсами может позволить прекратить образование свободных радикалов и дать время для выхода продукта легких углеводородов из плазмы.

В другом аспекте предложено устройство для превращения жидкой углеводородной среды в продукт углеводородных фракций. Устройство может включать в себя разрядную камеру для размещения элементов, обеспечивающих искровой разряд, вызывающий конверсию. Разрядная камера и, следовательно, устройство могут включать в себя входное отверстие, устроенное для транспортировки жидкого углеводородного материала в разрядную камеру, выходное отверстие, устроенное для транспортировки продукта углеводородных фракций из разрядной камеры, отрицательный электрод, имеющий первый конец и второй конец, и положительный электрод, имеющий первый конец и второй конец. В разрядной камере первый конец отрицательного электрода может быть расположен на расстоянии от первого конца положительного электрода, при этом расстояние определяет межэлектродный разрядный промежуток. Чтобы обеспечить способ смешивания жидкого углеводородного материала с газом-носителем, как описано выше, разрядная камера может также включать газовую струю, устроенную для ввода газа-носителя вблизи разрядного промежутка. Другими словами, газ-носитель можно впрыскивать в жидкий углеводородный материал во время или непосредственно перед впрыском в разрядный промежуток. Второй конец отрицательного электрода и второй конец положительного электрода могут быть подключены к конденсатору, и может быть предусмотрен источник питания, настроенный на генерацию искрового разряда в межэлектродном разрядном промежутке.

В разрядной камере искровой разряд может формироваться в межэлектродном разрядном промежутке, когда напряжение (V), приложенное к электродам, равно или превышает пробойное напряжение (V_b) межэлектродного промежутка. Искровой разряд может быть инициирован свободными электронами, которые обычно появляются на положительном электроде в результате автоэлектронной эмиссии или других процессов эмиссии электронов. Свободные электроны могут быть ускорены в электрическом поле, охватывающем промежуток, и может быть создан искровой плазменный канал, когда газ в промежутке ионизируется. После формирования канала искрового разряда разрядный ток может протекать через плазму. Напряжение внутри плазменного канала (V_d) может быть ниже, чем пробойное напряжение (V_b). Дуговой разряд может возникнуть, если источник питания достаточный для того, чтобы ток в разрядном канале протекал в непрерывном режиме. Нагрев плазмы также может происходить в искровом разряде. Однако регулировать температуру можно не только путем регулирования силы тока разряда, но и путем управления продолжительностью разряда. В некоторых вариантах воплощения в результате образования плазменного канала в газе, температура газа может достигать нескольких тысяч °C.

В качестве альтернативы для генерации искрового разряда может использоваться другая схема питания. В некоторых вариантах воплощения для зажигания искровых разрядов может использоваться некоторое количество различных генераторов импульсов. Например, может использоваться схема, разряжающая накопительный конденсатор предварительного заряда под нагрузкой. Параметры импульсного напряжения на нагрузке определяются емкостью накопителя, а также параметрами всей разрядной схемы. Потери энергии будут зависеть от характеристик разрядной схемы, в частности, потерь в переключателе.

В некоторых вариантах воплощения настоящей технологии искровой выключатель может использоваться непосредственно в качестве нагрузки, т.е. плазменного реактора, тем самым снижая потери энергии в разрядной схеме. Кроме того, накопительный конденсатор может быть подключен параллельно искровому промежутку в цепи с минимальной индуктивностью. Пробой промежутка может происходить, когда напряжение на накопительном конденсаторе достигает пробойного напряжения, а подвод энергии в плазменную искру может происходить во время разряда конденсатора. Следовательно, потери энергии в цепи низкие.

Согласно различным вариантам воплощения, положительный и отрицательный электроды могут иметь форму плоских электродов, либо в виде листа, лезвия, либо плоского вывода, и/или форму трубки (т.е. канюлированных). Канюлированный электрод представляет собой полый электрод, через который газ-носитель может быть введен в жидкий углеводородный материал в межэлектродном зазоре. Таким образом, канюлированный электрод может служить каналом для газа-носителя. Если отрицательный электрод канюлированный, проход канюли может иметь радиус кривизны в отверстии трубки. Высота или длина разрядного электрода обычно измеряется от основания, которое является точкой крепления, до вершины. В некоторых вариантах воплощения отношение радиуса кривизны к высоте или длине катода может быть больше приблизительно 10.

Как отмечалось выше, межэлектродный разрядный промежуток, т.е. расстояние между электродами, влияет на эффективность процесса. Межэлектродный разрядный промежуток - это деталь, которую

можно оптимизировать, например, на основе конкретного углеводородного материала, подаваемого в разрядную камеру, введенного газа-носителя и приложенного напряжения и/или тока. Однако могут быть установлены некоторые диапазоны для межэлектродного разрядного промежутка. Например, в любом из вышеупомянутых вариантов воплощения, межэлектродный разрядный промежуток может составлять от приблизительно 1-3 мм до приблизительно 100 мм. Это может включать межэлектродный разрядный промежуток от приблизительно 3 мм до приблизительно 20 мм, при использовании рабочего напряжения 30-50 кВ оптимальная длина промежутка будет от 8 до 12 мм. Отрицательный электрод и положительный электрод могут выступать в разрядную камеру.

Как отмечалось, накопительный конденсатор может быть заряжен до напряжения, равного или превышающего пробойное напряжение газа-носителя, так что возникает искровой разряд. В некоторых вариантах воплощения разряд возникает между положительным электродом и газом-носителем вблизи первого конца положительного электрода. В некоторых вариантах воплощения разряд является непрерывным. В других вариантах воплощения, разряд является импульсным. В некоторых вариантах воплощения скорость электрического разряда регулируется величиной сопротивления в зарядной схеме накопительного конденсатора.

Источник питания может быть подключен ко всей системе для обеспечения подвода энергии для возбуждения разряда. В некоторых вариантах воплощения в описанном здесь устройстве, можно использовать источник постоянного тока с рабочим напряжением 15-25 кВ. Источник питания может зависеть от количества промежутков для обработки углеводородной жидкости, от их длины, частоты следования импульсов, расхода жидкости через реактор, расхода газа через каждый промежуток и т.д. Пример устройства, в котором используется 12 промежутков, может включать реактор, в котором используются разрядные промежутки длиной 3,5 мм, конденсаторы емкостью 100 пФ, рабочее напряжение 18 кВ и частота следования импульсов 5 Гц. Потребляемый источник питания может составлять от 1 до 2 Вт, в то время как плазма может поглощать мощность приблизительно 0,97 Вт непосредственно в разряде. Оставшаяся энергия может рассеиваться в конденсаторах зарядной системы.

Варианты воплощения устройств и процессов, в целом описанных выше, могут быть лучше поняты со ссылкой на следующие примеры, которые никоим образом не предназначены для ограничения устройств или процессов, описанных выше.

Примеры

Пример 1. T+4CWG: повышающий трансформатор ($P_{max}=900$ Вт), питающий четыре (4) полувольтовых CWG параллельно через четыре (4) разрядных промежутка с одинаковым пробойным напряжением.

Чтобы продемонстрировать вышеупомянутую возможность установки T+CWG для эффективного питания нескольких искровых промежутков от одного линейного входа, схема, показанная на фиг. 8, была выполнена и оценена с использованием диагностического способа измерения энергии импульса для расчета эффективности. Путем количественной оценки заряда, перенесенного во время одного искрообразования, с использованием подсхемы, показанной на четвертом искровом промежутке на фиг. 8, можно оценить энергию импульса для отдельных случаев искрообразования. Этот способ использовался для получения статистики энергии и частоты импульса (фиг. 12), на основании которых был рассчитан средний выход энергии. Принимая во внимание расчеты мощности для диагностического оборудования (высоковольтный зонд, подсхема измерения заряда), а также дифференциальную мощность на выходе из

трансформатора $\frac{dP_w}{dN_{CWG}}$ (где P_w представляет собой подводимую мощность на стенке, а N_{CWG} представляет собой количество схем искрового разряда CWG, работающих параллельно), значение дифференциальной

эффективности схемы на фиг. 5 было определено как $\eta_A = \frac{P_{out} - P_{probe} - P_{RQ}}{(dP_w / dN_{CWG})}$, где $P_{out} = E_{pulse,avg} f_{avg}$,

$$P_{probe} = \frac{V_{gap,avg}^2}{R_{probe}} \quad \text{и} \quad P_{RQ} = \frac{V_{avg}^2}{R_{probe}}.$$

Эти результаты сведены в табл. 3 и представлены на фиг. 12. Среднее значение дифференциальной эффективности $\eta_A = 68,3\%$. Альтернативным определением дифференциальной

эффективности для этой схемы является $\eta_B = \frac{d(P_{out} + P_{probe} + P_{RQ})}{dP_w}$, что представляет постепенное увеличение

полезной выходной мощности для постепенного увеличения подводимой мощности. Вышеупомянутых данных (подробно представленных в табл. 3) достаточно для построения графика $P_{out} + P_{probe} + P_{RQ}$ в зависимости от P_w , как показано на фиг. 13. Этот график является строго линейным и η_B может быть рассчитан путем нахождения среднего наклона этих данных с помощью линейной регрессии. Это приводит к значению дифференциальной эффективности $\eta_B = 64,9\%$, что хорошо согласуется с расчетом η_A при учете экспериментальной неопределенности. Основываясь на этих расчетах эффективности, можно сделать вывод, что настоящая схема удовлетворяет вышеупомянутым требованиям и ее будет достаточно, если она будет применяться для конверсии водорода указанным выше способом.

Пример 2. T+CWG(FW): повышающий трансформатор ($P_{\max}=900$ Вт), питающий двухполупериодный CWG через искровой промежуток.

Подобно эксперименту, подробно описанному в примере 1, был проведен анализ эффективности для системы с одним двухполупериодным искровым промежутком CWG в воздухе, чтобы сравнить эффективности между двухполупериодной и полуволновой T+CWG схемами. Результаты этого анализа (фиг. 15 и 16) напрямую сопоставимы с результатами для полуволновой схемы, показанными на фиг. 9 и

$$\eta_B = \frac{d(P_{out} + P_{probe} + P_{RQ})}{dP_W} ;$$

13 с использованием определения дифференциальной эффективности дифференциальная эффективность $\eta_B = 70,9\%$ была рассчитана для случая двухполупериодного T+CWG. Этот результат показывает, что разница в дифференциальной эффективности между двухполупериодной схемой (фиг. 14) и полуволновой схемой незначительна (<5%).

Изобретение дополнительно определяется следующими вариантами воплощения.

Вариант воплощения А. Устройство, содержащее

реактор для обработки нефти для приема двухфазной смеси газа и жидкости, в которой смесь включает углеводород, подлежащий превращению;

многоэлектродную схему искрового разряда для преобразования углеводородов, причем схема искрового разряда имеет два или более электродов с искровым промежутком, контактирующих с двухфазной смесью в реакторе обработки нефти; и

по меньшей мере одну схему высоковольтного выпрямителя, функционально связанную со схемой искрового разряда,

при этом устройство сконфигурировано для подачи входного сигнала регулируемой мощности в схему искрового разряда для генерации искровых разрядов на электродах.

Вариант воплощения В. Устройство по варианту воплощения А, в котором схема выпрямителя сконфигурирована для генерирования более высокого напряжения постоянного тока из входного переменного тока более низкого напряжения.

Вариант воплощения С. Устройство по варианту воплощения А или В, в котором схема выпрямителя включает по меньшей мере один генератор Кокрофта-Уолтона (CWG).

Вариант воплощения D. Устройство по любому из вариантов воплощения А-С, в котором схема выпрямителя работает параллельно от повышающего трансформатора.

Вариант воплощения Е. Устройство по любому из вариантов воплощения А-D, в котором линейный вход является по меньшей мере одним из входного 120 В переменного тока 60 Гц и входного 240 В переменного тока 60 Гц.

Вариант воплощения F. Устройство по любому из вариантов воплощения А-Е, в котором один повышающий трансформатор питает множество искровых промежутков параллельно.

Вариант воплощения G. Устройство по любому из вариантов воплощения А-F, имеющее множество трансформаторов и множество искровых промежутков, с одним трансформатором для каждого искрового промежутка и с полным электрическим разделением каждой схемы искрового промежутка.

Вариант воплощения H. Устройство по любому из вариантов воплощения А-G, в котором схема выпрямителя включает CWG и в котором повышающий трансформатор подключен к многофазному линейному входу, чтобы разделять разнофазные входные напряжения переменного тока и присоединять одно или более полных устройств CWG трансформатора для каждого входа.

Вариант воплощения I. Устройство по любому из вариантов воплощения А-H, в котором схема выпрямителя включает в себя полуволновой однокаскадный CWG.

Вариант воплощения J. Устройство по любому из вариантов воплощения А-I, в котором схема выпрямителя включает в себя многокаскадный CWG.

Вариант воплощения K. Устройство по любому из вариантов воплощения А-J, в котором схема выпрямителя включает в себя двухполупериодный CWG.

Вариант воплощения L. Устройство по любому из вариантов воплощения А-K, в котором емкость по меньшей мере одного из конденсаторов в схеме выпрямителя влияет на энергию в импульсе для искровых разрядов.

Вариант воплощения M. Устройство по любому из вариантов воплощения А-L, в котором схема выпрямителя работает параллельно с первым источником питания и вторым источником питания, работающим вместе с первым источником питания, при этом первый источник питания преобразует стандартный линейный вход переменного тока в низковольтный постоянный ток на выходе, при этом второй источник питания преобразует вход постоянного тока низкого напряжения в выход переменного тока высокого напряжения любой частоты.

Вариант воплощения N. Устройство по любому из вариантов воплощения А-M, в котором схема выпрямителя сконфигурирована так, чтобы иметь выходную емкость в диапазоне от 1 пФ до 1 нФ, потенциально используя любую присущую схеме паразитную емкость.

Вариант воплощения O. Устройство по любому из вариантов воплощения А-N, причем устройство сконфигурировано для генерирования напряжения в диапазоне от 3 до 50 кВ.

Вариант воплощения Р. Устройство, содержащее реактор обработки для приема обрабатываемой смеси; по меньшей мере одну многоэлектродную схему искрового разряда, причем по меньшей мере одна схема искрового разряда реализуется в реакторе обработки путем воздействия двух электродов искрового промежутка на смесь; и

по меньшей мере один генератор высокого напряжения, функционально соединенный по меньшей мере с одной схемой искрового разряда, причем генератор выполнен с возможностью подачи управляемого током входного сигнала по меньшей мере в одну схему искрового разряда для генерации искровых разрядов на электродах.

Вариант воплощения Q. Устройство по варианту воплощения Р, в котором генератор представляет собой генератор Кокрофта-Уолтона (CWG), функционально связанный со схемой искрового разряда, причем CWG выполнен с возможностью работы параллельно от повышающего трансформатора.

Вариант воплощения R. Устройство по варианту воплощения Р или Q, выполненное для обеззараживания по меньшей мере одного из продуктов питания или воды.

Вариант воплощения S. Устройство для преобразования углеводородов, содержащее разрядную камеру, имеющую два или более электродов, разделенных промежутком; разрядную схему, сконфигурированную для создания разряда между электродами; входное отверстие для подачи углеводородного материала в разрядную камеру, так что углеводородный материал достигает промежутка между электродами;

выпускное отверстие для транспортировки углеводородной фракции из разрядной камеры, причем углеводородная фракция образуется после разряда через электроды, в то время как углеводородный материал находится в промежутке; и

умножитель напряжения, сконфигурированный для обеспечения управляемого током входного сигнала в разрядную схему при приложении электрических импульсов к углеводородному материалу через электроды.

Вариант воплощения T. Устройство по варианту воплощения S, в котором умножитель напряжения представляет собой генератор Кокрофта-Уолтона.

Вариант воплощения U. Устройство по варианту воплощения S или T, в котором генератор Кокрофта-Уолтона представляет собой однокаскадный генератор Кокрофта-Уолтона.

Вариант воплощения V. Устройство по любому из вариантов воплощения S-U, в котором генератор Кокрофта-Уолтона является многокаскадным генератором Кокрофта-Уолтона.

Вариант воплощения W. Устройство по любому из вариантов воплощения S-V, в котором генератор Кокрофта-Уолтона является полуволновым генератором Кокрофта-Уолтона.

Вариант воплощения X. Устройство по любому из вариантов воплощения S-W, в котором генератор Кокрофта-Уолтона является двухполупериодным генератором Кокрофта-Уолтона.

Вариант воплощения Y. Устройство по любому из вариантов воплощения S-X, в котором генератор Кокрофта-Уолтона выполнен с возможностью генерировать высоковольтные импульсы разрядки конденсатора для преобразования углеводородов.

Вариант воплощения Z. Устройство по любому из вариантов воплощения S-Y, дополнительно включающее в себя повышающий трансформатор.

Вариант воплощения AA. Устройство по любому из вариантов воплощения S-Z, в котором питание устройства осуществляется с использованием источника переменного тока высокого напряжения.

Вариант воплощения BB. Устройство по любому из вариантов воплощения S-AA, в котором умножитель напряжения является первым умножителем напряжения, и при этом устройство дополнительно включает в себя второй умножитель напряжения, выполненный с возможностью работы параллельно с первым умножителем напряжения.

Вариант воплощения CC. Устройство по любому из вариантов воплощения S-BB, дополнительно включающее повышающий трансформатор, функционально связанный как с первым умножителем напряжения, так и со вторым умножителем напряжения, при этом первый и второй умножители напряжения функционально связаны с одним повышающим трансформатором.

Вариант воплощения DD. Устройство по любому из вариантов воплощения S-CC, в котором питание устройства осуществляется с использованием прямой линейной подводимой мощности.

Вариант воплощения EE. Устройство для конверсии углеводородов, содержащее

а) разрядную камеру;

б) входное отверстие для подачи углеводородного материала в разрядную камеру;

с) выходное отверстие для транспортировки углеводородной фракции из разрядной камеры; и

д) ряд умножителей напряжения, работающих параллельно, при этом ряд умножителей напряжения настроен на подачу электрических импульсов на углеводородный материал в разрядной камере для преобразования углеводородов, при этом электрические импульсы прилагаются посредством разрядной схемы, снабженной управляемым входным током.

Вариант воплощения FF. Устройство по варианту воплощения EE, в котором множество умножителей напряжения являются генераторами Кокрофта-Уолтона.

Вариант воплощения GG. Устройство по варианту воплощения EE или FF, в котором множество умножителей напряжения работают параллельно от одного повышающего трансформатора.

Вариант воплощения HH. Способ конверсии углеводородов, включающий

а) подачу через впускное отверстие углеводородного материала в разрядную камеру;

б) использование одного или более генераторов Кокрофта-Уолтона для подачи высоковольтных электрических импульсов разряда конденсаторов на углеводородный материал в разрядной камере для преобразования углеводородов, при этом импульсы подаются через двухэлектродную схему искрового разряда, снабженную управляемым током входным сигналом; и

в) выход через выпускное отверстие углеводородной фракции из разрядной камеры.

Вариант воплощения II. Способ по варианту воплощения HH, в котором использование одного или более генераторов Кокрофта-Уолтона включает использование множества умножителей напряжения, работающих параллельно.

Вариант воплощения JJ. Способ по варианту воплощения HH или II, в котором генераторы Кокрофта-Уолтона являются частью устройства, которое питается от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

Вариант воплощения KK. Система, включающая однокаскадный полуволновой генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводородов, с питанием от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

Вариант воплощения LL. Система, включающая набор однокаскадных полуволновых генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одиночного повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети для использования в конверсии углеводородов.

Вариант воплощения MM. Система, включающая однокаскадный двухполупериодный генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для конверсии углеводородов, питаемого от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

Вариант воплощения NN. Система, включающая набор однокаскадных двухполупериодных генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одиночного повышающего трансформатора с прямым вводом питания от сети для использования в преобразовании углеводородов.

Вариант воплощения OO. Система, включающая многокаскадный полуволновой генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводородов, питаемого от повышающего трансформатора с использованием прямого ввода питания от сети.

Вариант воплощения PP. Система, включающая набор многокаскадных полуволновых генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одиночного повышающего трансформатора с прямым вводом питания от сети для использования в преобразовании углеводородов.

Вариант воплощения QQ. Система, включающая многокаскадный полуволновой генератор Кокрофта-Уолтона, используемый для генерации высоковольтных импульсов разряда конденсатора для преобразования углеводородов, питаемого от повышающего трансформатора с использованием источника переменного тока высокого напряжения.

Вариант воплощения RR. Система, включающая набор многокаскадных полуволновых генераторов Кокрофта-Уолтона, работающих параллельно от одиночного повышающего трансформатора, использующего высоковольтный источник питания переменного тока для использования в преобразовании углеводородов.

В рамках настоящего изобретения, если не указано иное, "один" означает "один или более".

В контексте данного документа, термин "приблизительно" будет понятен специалистам в данной области техники и будет варьировать в некоторой степени в зависимости от контекста, в котором оно используется. Если существуют варианты использования пределов, которые не ясны специалистам в данной области техники, учитывая контекст, в котором он используется, "приблизительно" будет означать до плюс или минус 10% от конкретного значения.

Все публикации, патентные заявки, выданные патенты и другие документы, упомянутые в данном описании, включены в настоящее описание посредством ссылки, как если бы каждая отдельная публикация, патентная заявка, выданный патент или другой документ были специально и индивидуально указаны как включенные посредством ссылки во всей полноте. Определения, которые содержатся в тексте, включенном посредством ссылки, исключаются в той степени, в которой они противоречат определениям в данном документе.

Варианты воплощения, иллюстративно описанные в настоящем документе, могут соответствующим образом применяться на практике при отсутствии какого-либо элемента или элементов, ограничения или ограничений, конкретно не раскрытых в данном документе. Таким образом, например, термины "содержащий", "включающий", "вмещающий" и т.д. следует толковать широко и без ограничений. Кроме того, используемые в данном документе термины и выражения, использовались как описательные, а не ограничивающие, и при использовании таких терминов и выражений нет намерения исключать какие-

либо эквиваленты показанных и описанных функций или их частей, но признано, что в рамках заявленной технологии возможны различные модификации. Кроме того, фразу "состоящий по существу из" следует понимать, как включающую те элементы, которые конкретно перечисляются, и те, дополнительные элементы, которые существенно не влияют на основные и новые характеристики заявленной технологии. Фраза "состоящий из" исключает любой неуказанный элемент.

Настоящее изобретение не должно быть ограничено конкретными вариантами воплощения, описанными в этой заявке, которые предназначены для иллюстрации различных аспектов. Многие модификации и вариации могут быть выполнены без отклонения от его сути и объема, что будет очевидно специалистам в данной области техники. Функционально эквивалентные структуры, устройства и процессы, входящие в объем изобретения, в дополнение к перечисленным в данном документе, будут очевидны специалистам в данной области техники из предшествующего описания. Предполагается, что такие модификации и вариации попадают в объем прилагаемой формулы изобретения. Настоящее изобретение должно быть ограничено только условиями прилагаемой формулы изобретения вместе с полным объемом эквивалентных схем, на которые такая формула изобретения имеет право. Следует понимать, что это описание не ограничивается конкретными процессами, реагентами, составами соединений или биологическими системами, которые, конечно, могут варьировать. Также следует понимать, что используемая здесь терминология предназначена только для описания конкретных вариантов воплощения и не предназначена для их ограничения.

Кроме того, если признаки или аспекты изобретения описаны в терминах групп Маркуша, специалисты в данной области техники поймут, что изобретение, следовательно, также описано в терминах любого отдельного члена или подгруппы членов группы Маркуша.

Как будет понятно специалисту в данной области техники, для любых и всех целей, в частности, с точки зрения предоставления письменного описания, все диапазоны, раскрытые в данном документе, также охватывают любые и все возможные поддиапазоны и их комбинации. Любой перечисленный диапазон можно легко распознать как достаточно описывающий и позволяющий разбить один и тот же диапазон по меньшей мере на равные половины, трети, четверти, пятые, десятые и т.д. В качестве неограничивающего примера каждый обсуждаемый здесь диапазон может быть легко разбит на нижнюю треть, среднюю треть и верхнюю треть и т.д. Как будет также понятно специалисту в данной области техники, все термины, такие как "до", "по меньшей мере", "больше чем", "меньше чем" и подобные, включают указанное число и относятся к диапазонам, которые впоследствии могут быть разбиты на поддиапазоны, как описано выше. Наконец, как будет понятно специалисту в данной области техники, диапазон включает каждый отдельный элемент.

Хотя были проиллюстрированы и описаны определенные варианты воплощения, следует понимать, что в них могут быть внесены изменения и модификации, выполняемые обычными специалистами в данной области техники, без отклонения от технологии в ее более широких аспектах, как определено в следующей формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для конверсии углеводов, содержащее реактор для обработки нефти для получения двухфазной смеси газа и жидкости, в которой смесь включает углеводород, подлежащий конвертированию;

многоэлектродную схему искрового разряда для преобразования углеводов, причем схема искрового разряда имеет электроды с искровым промежутком, образующие множество искровых разрядных промежутков, контактирующих с двухфазной смесью в реакторе для обработки нефти; а также

по меньшей мере одну схему высоковольтного выпрямителя, функционально связанную со схемой искрового разряда,

при этом схема выпрямителя выполнена с возможностью подачи управляемого током входного сигнала в схему искрового разряда для генерации разрядных искр на электродах, образующих искровые разрядные промежутки,

причем схема выпрямителя выполнена с возможностью генерирования более высокого напряжения постоянного тока из входного переменного тока с более низким напряжением с использованием подсхемы Кокрофта-Уолтона для каждого из множества искровых разрядных промежутков,

причем подсхемы Кокрофта-Уолтона запитаны параллельно посредством повышающего трансформатора таким образом, чтобы равномерно распределять выход мощности среди множества искровых разрядных промежутков и предотвращать возникновение искры исключительно в одном искровом разрядном промежутке,

причем повышающий трансформатор выполнен с возможностью подачи мощности, достаточной для конверсии углеводов.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что схема выпрямителя выполнена с возможностью генерирования более высокого напряжения постоянного тока из входного переменного тока с более низким напряжением без резистивного элемента.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что повышающий трансформатор выполнен с возможностью подачи энергии импульса, достаточно малой для минимизации образования сажи.
4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что повышающий трансформатор подключен к однофазному линейному входу.
5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что линейный вход является по меньшей мере одним из входа 120 В переменного тока 60 Гц и входа 240 В переменного тока 60 Гц.
6. Устройство по п.1, отличающееся тем, что один повышающий трансформатор питает множество искровых промежутков параллельно.
7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно имеет множество повышающих трансформаторов с одним трансформатором для каждого искрового разрядного промежутка и с полным электрическим разделением каждой схемы искрового промежутка.
8. Устройство по п.1, в котором повышающий трансформатор подключен к многофазному линейному входу так, чтобы разделять разнофазные входные напряжения переменного тока и подключать одну или более полных настроек трансформатора CWG для каждого входа.
9. Устройство по п.1, отличающееся тем, что схема выпрямителя включает однополупериодный однокаскадный CWG.
10. Устройство по п.1, отличающееся тем, что схема выпрямителя включает в себя многокаскадный CWG.
11. Устройство по п.1, отличающееся тем, что схема выпрямителя включает в себя двухполупериодный CWG.
12. Устройство по п.1, отличающееся тем, что емкость по меньшей мере одного из конденсаторов в схеме выпрямителя влияет на энергию в импульсе для искровых разрядов.
13. Устройство по п.1, отличающееся тем, что схема выпрямителя работает параллельно с первым источником питания и вторым источником питания, работающим вместе с первым источником питания, при этом первый источник питания преобразует стандартный линейный вход переменного тока в выход низковольтного постоянного тока, при этом второй источник питания преобразует вход постоянного тока низкого напряжения в выход переменного тока высокого напряжения любой частоты.
14. Устройство по п.1, отличающееся тем, что схема выпрямителя выполнена так, чтобы иметь выходную емкость в диапазоне от 1 пФ до 1 нФ, потенциально используя любую присущую схеме паразитную емкость.
15. Устройство по п.1, отличающееся тем, что выполнено с возможностью генерирования напряжения в диапазоне от 3 до 50 кВ.
16. Устройство для конверсии углеводородов, содержащее реактор обработки для приема смеси, подлежащей обработке; по меньшей мере одну многоэлектродную схему искрового разряда, содержащую электроды искрового промежутка, образующие множество искровых разрядных промежутков, подверженных воздействию смеси в реакторе обработки, причем по меньшей мере одна многоэлектродная схема искрового разряда содержит подсхему Кокрофта-Уолтона для каждого из множества искровых разрядных промежутков; а также по меньшей мере один высоковольтный генератор, функционально соединенный по меньшей мере с одной схемой искрового разряда, причем генератор выполнен с возможностью подачи управляемого током входного сигнала по меньшей мере в одну схему искрового разряда для генерации искровых разрядов на множестве искровых разрядных промежутков, причем высоковольтный генератор выполнен с возможностью использования комбинации диодов и конденсаторов для преобразования входного переменного тока в выходной постоянный ток и питания подсхем Кокрофта-Уолтона параллельно таким образом, чтобы равномерно распределять выход мощности среди множества искровых разрядных промежутков и предотвращать возникновение искры исключительно в одном искровом разрядном промежутке, причем высоковольтный генератор выполнен с возможностью подачи мощности, достаточной для конверсии углеводородов в реакторе обработки.
17. Устройство для конверсии углеводородов, содержащее разрядную камеру с электродами, которые образуют множество искровых разрядных промежутков; разрядную схему, выполненную с возможностью создания разрядов между электродами, образующими множество разрядных промежутков; входное отверстие для подачи углеводородного материала в разрядную камеру, так что углеводородный материал достигает множества искровых разрядных промежутков между электродами; выпускное отверстие для выхода углеводородной фракции из разрядной камеры, причем углеводородная фракция образуется после прохождения разрядов через электроды, в то время как углеводородный материал находится во множестве искровых разрядных промежутков; а также умножитель напряжения, выполненный с возможностью обеспечения управляемого током входного сигнала в разрядную схему при подаче электрических импульсов на углеводородный материал через

электроды,

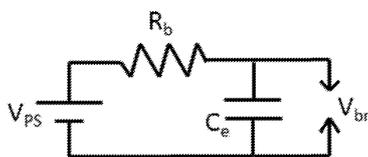
причем разрядная схема содержит подсхему Кокрофта-Уолтона для каждого из множества искровых разрядных промежутков, причем подсхемы Кокрофта-Уолтона запитаны параллельно посредством повышающего трансформатора таким образом, чтобы равномерно распределять выход мощности среди множества искровых разрядных промежутков и предотвращать возникновение искры исключительно в одном искровом разрядном промежутке,

причем повышающий трансформатор выполнен с возможностью подачи мощности, достаточной для конверсии углеводородов.

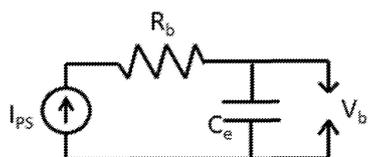
18. Устройство по п.1, в котором схема выпрямителя выполнена с возможностью иметь выходную емкость от 5 до 200 пФ.

19. Устройство по п.3, в котором оно выполнено с возможностью генерирования энергии импульса приблизительно 30 мДж или меньше между множеством искровых разрядных промежутков таким образом, чтобы минимизировать образование сажи.

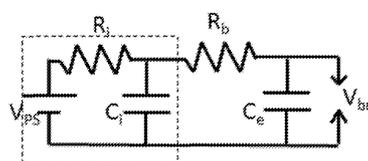
20. Устройство по п.17, в котором оно выполнено с возможностью генерирования энергии импульса приблизительно 30 мДж или меньше между множеством искровых разрядных промежутков таким образом, чтобы минимизировать образование сажи.



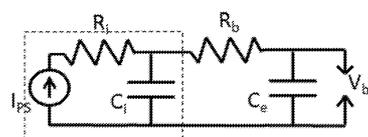
Фиг. 1А



Фиг. 1В

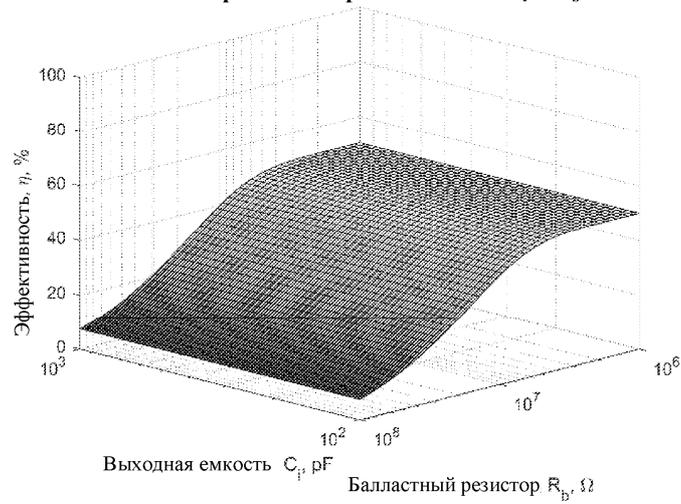


Фиг. 1С



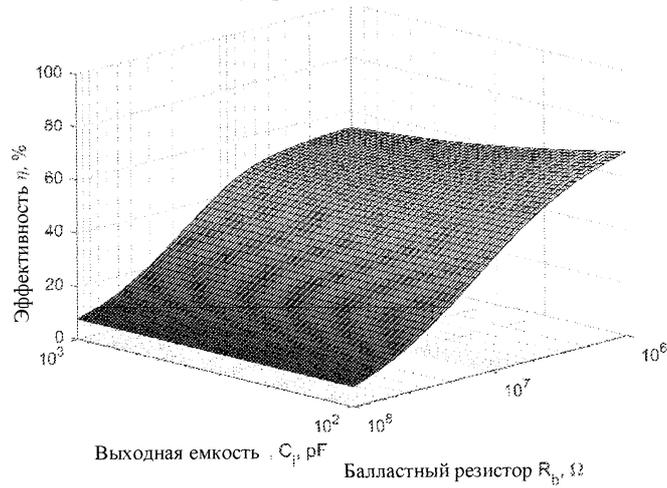
Фиг. 1D

Аналитическая эффективность по напряжению при изменении C_1 и R_b

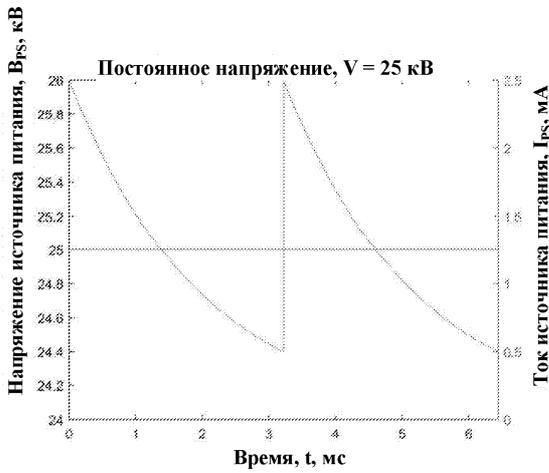


Фиг. 2А

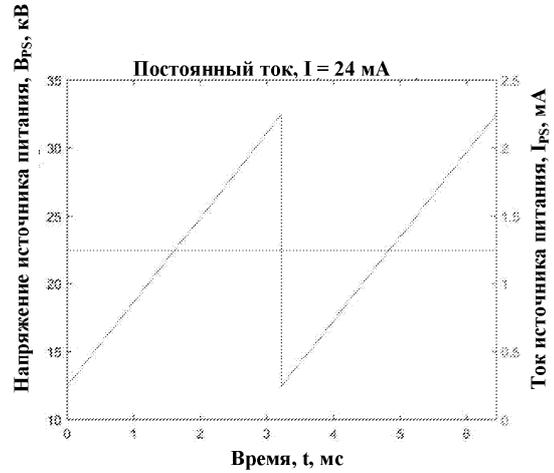
Аналитическая эффективность по току при изменении C_1 и R_b



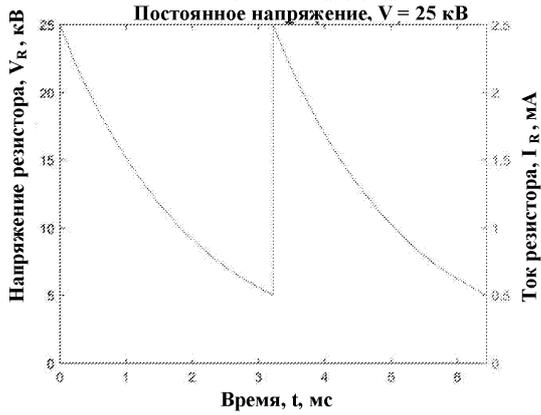
Фиг. 2В



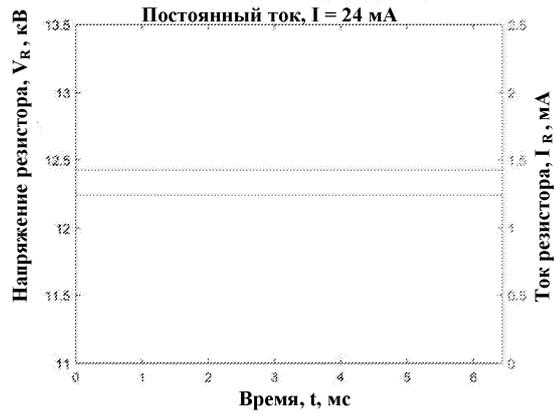
Фиг. 3А



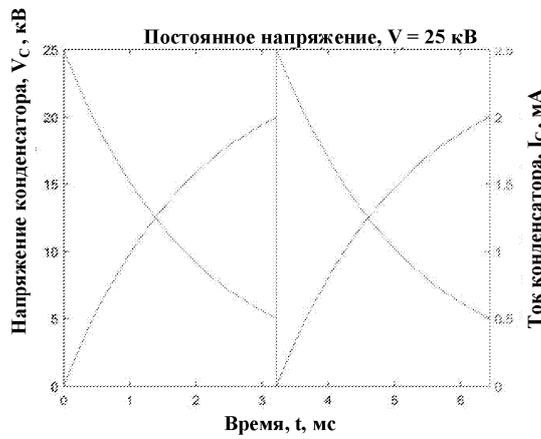
Фиг. 3Е



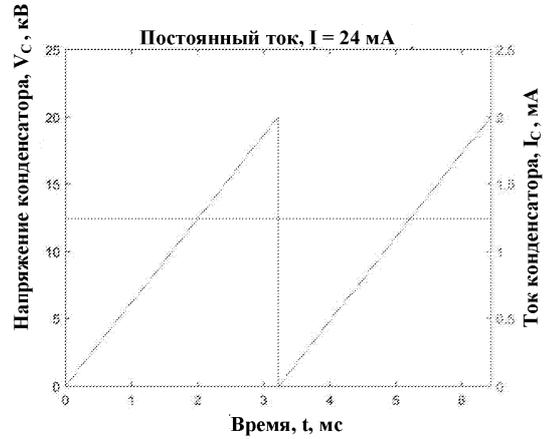
Фиг. 3В



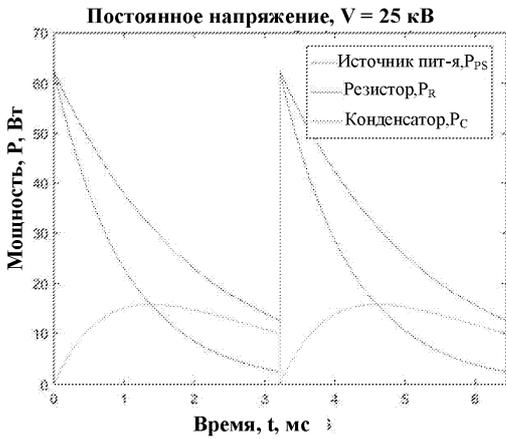
Фиг. 3F



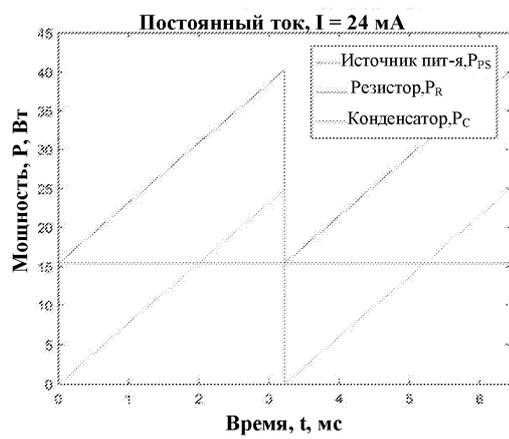
Фиг. 3С



Фиг. 3G

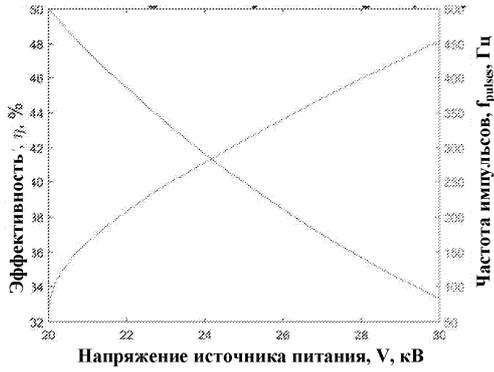


Фиг. 3D



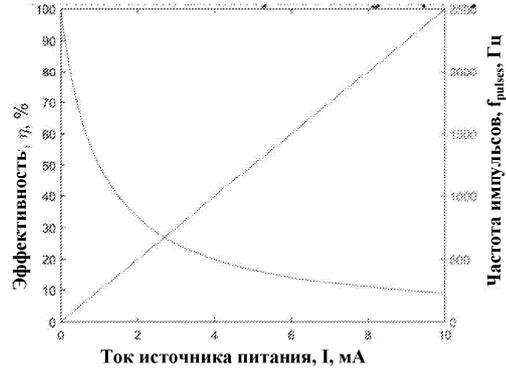
Фиг. 3H

Эффективность по постоянному напряжению и частота импульсов



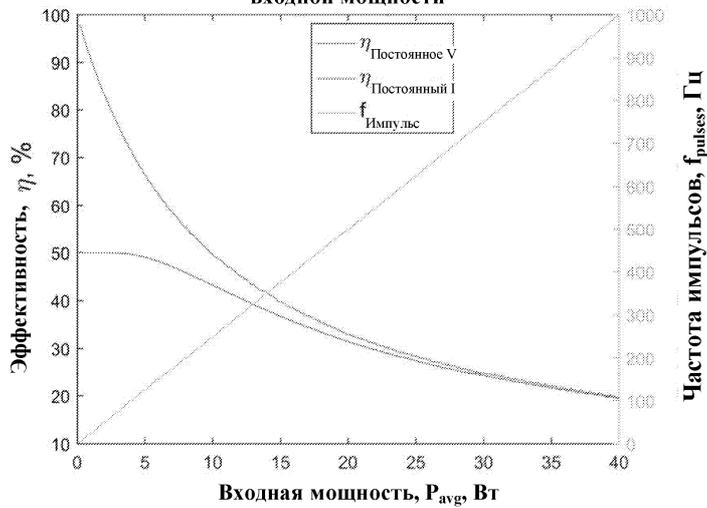
Фиг. 4А

Эффективность по постоянному току и частота импульсов



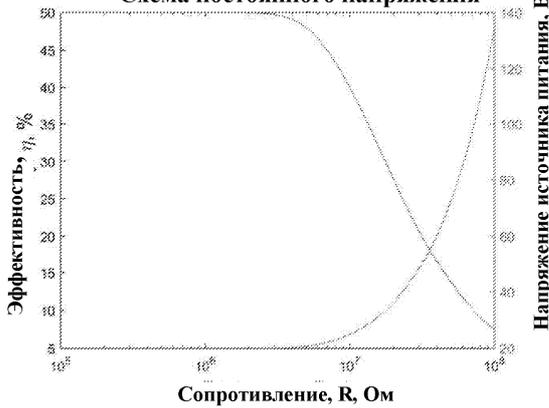
Фиг. 4В

Отношение эффективности к входной мощности



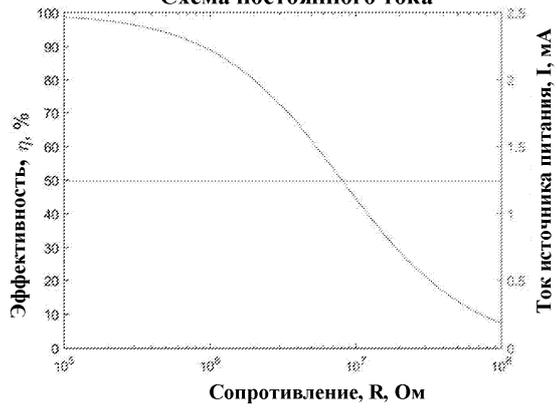
Фиг. 5

Схема постоянного напряжения

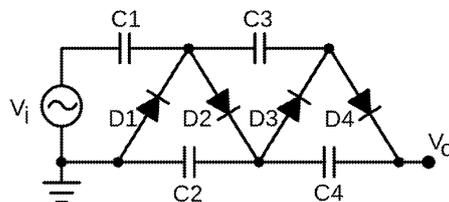


Фиг. 6А

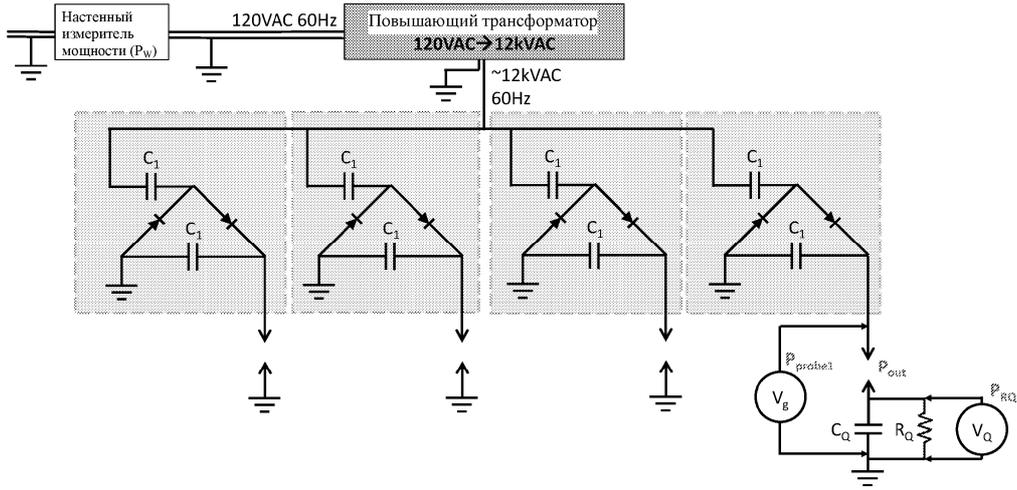
Схема постоянного тока



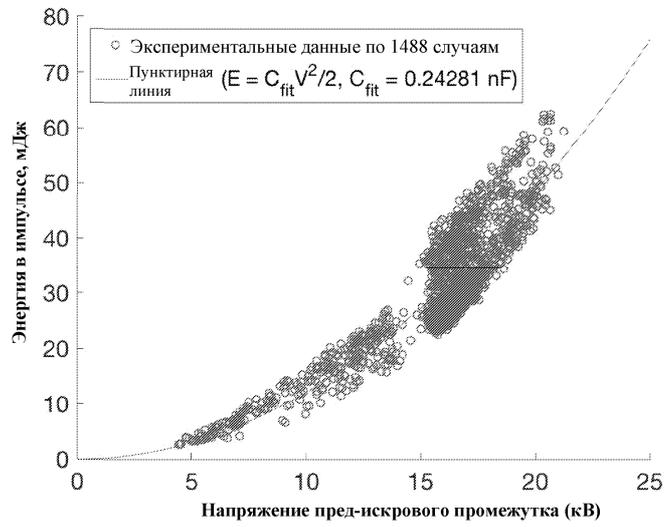
Фиг. 6В



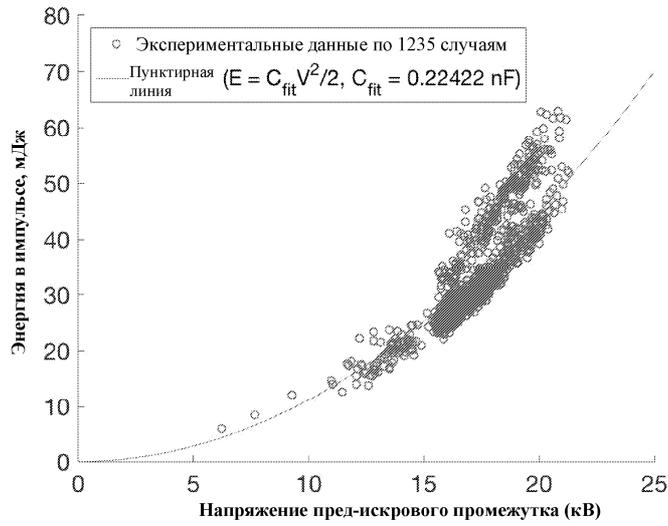
Фиг. 7



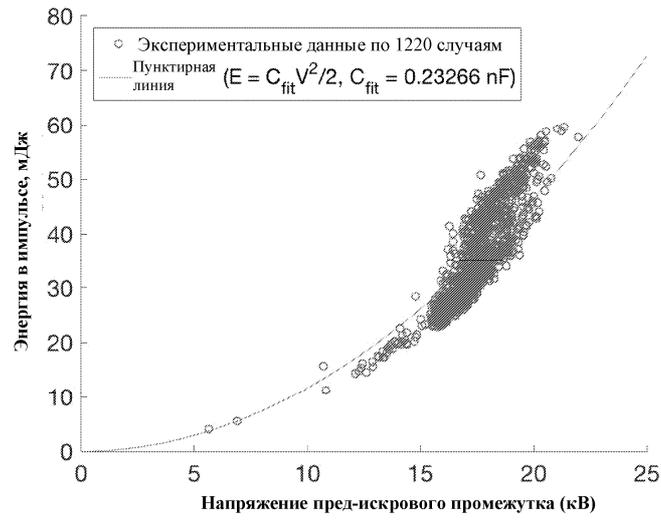
Фиг. 8



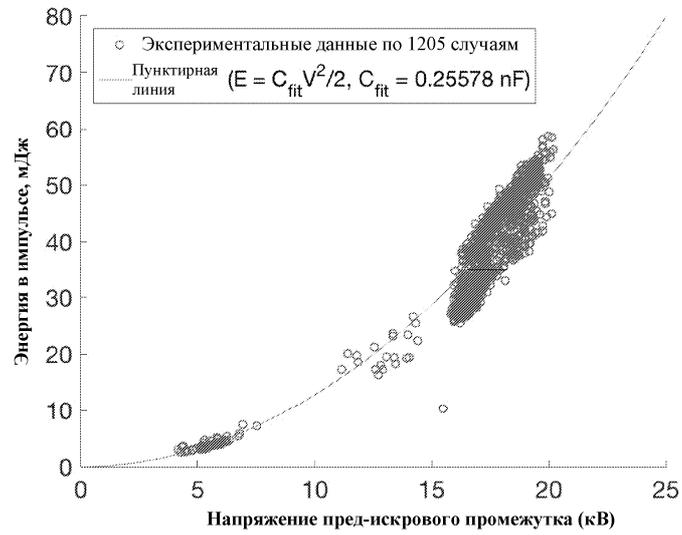
Фиг. 9А



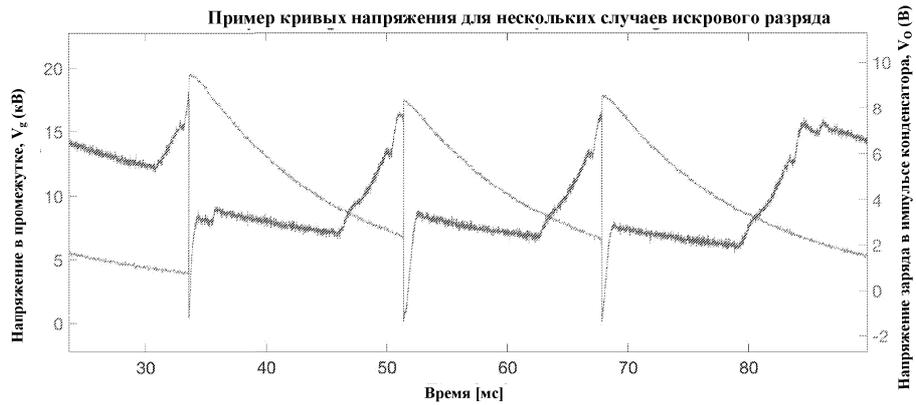
Фиг. 9В



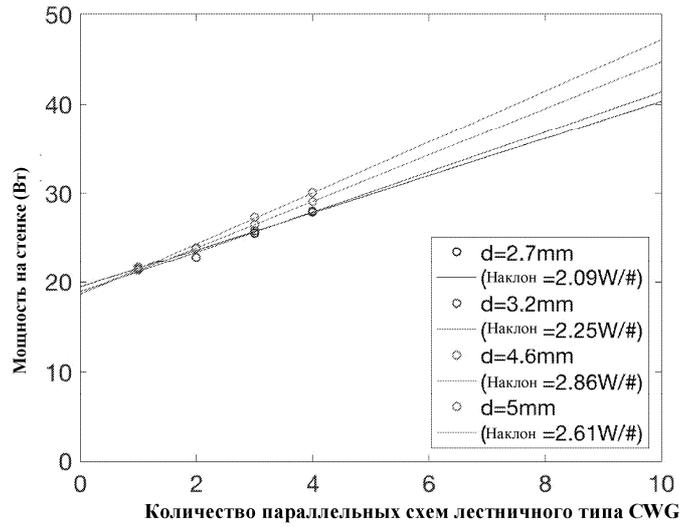
Фиг. 9С



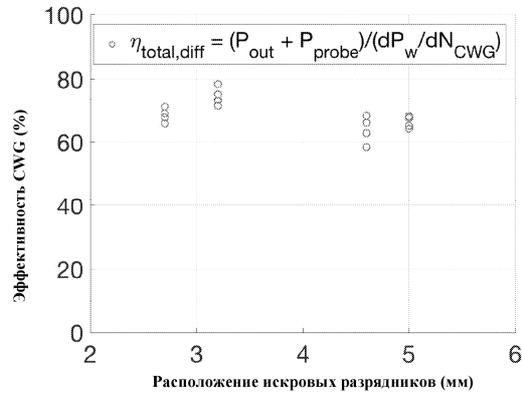
Фиг. 9D



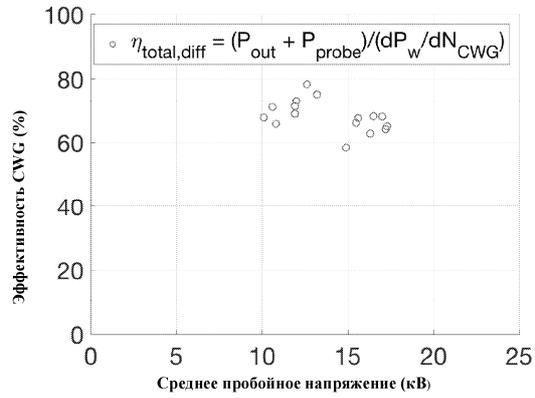
Фиг. 10



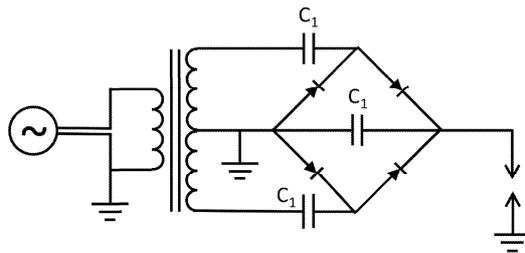
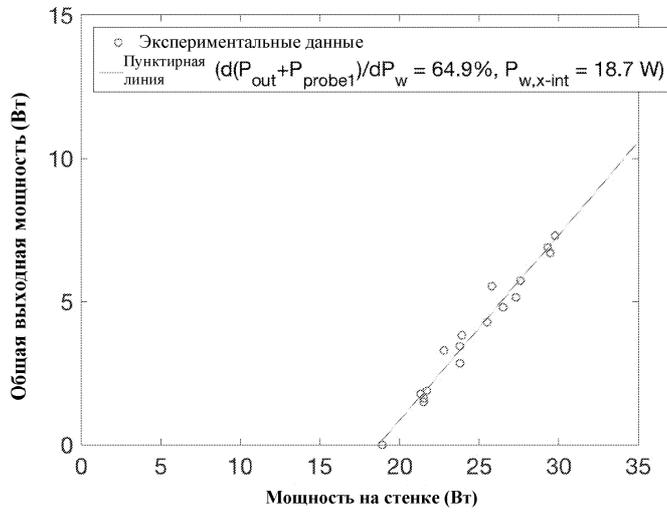
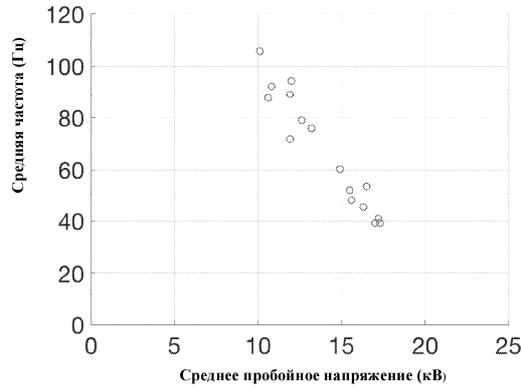
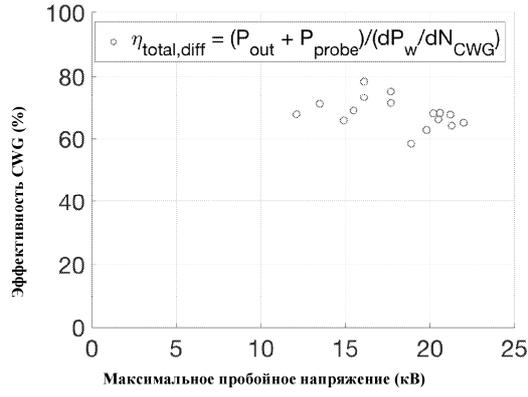
Фиг. 11

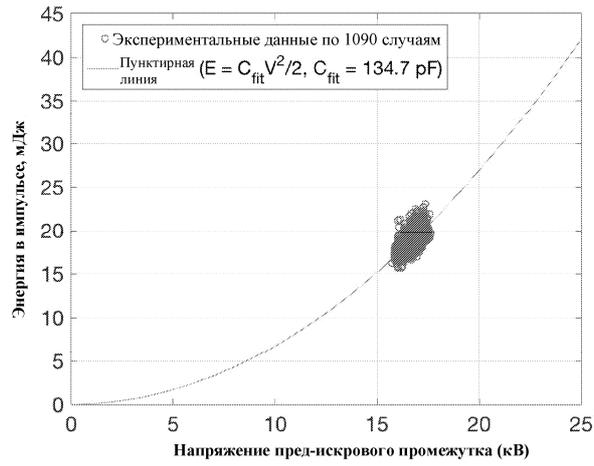


Фиг. 12А

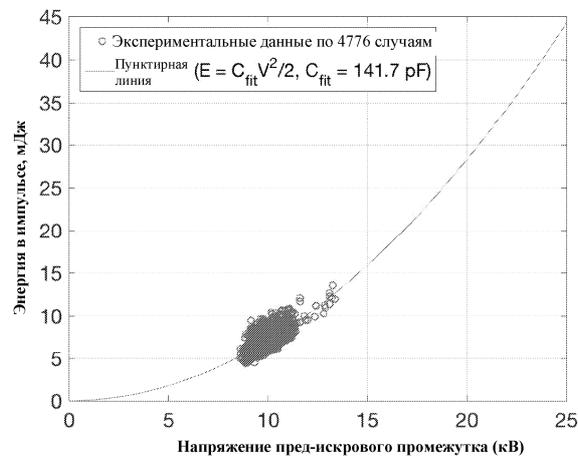


Фиг. 12В

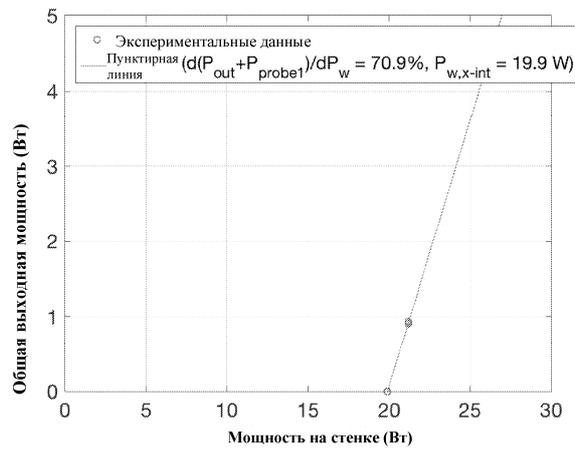




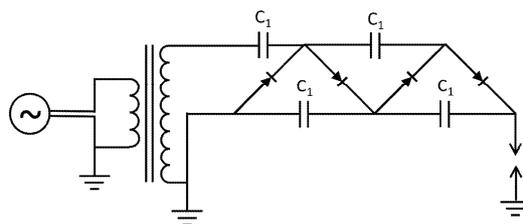
Фиг. 15А



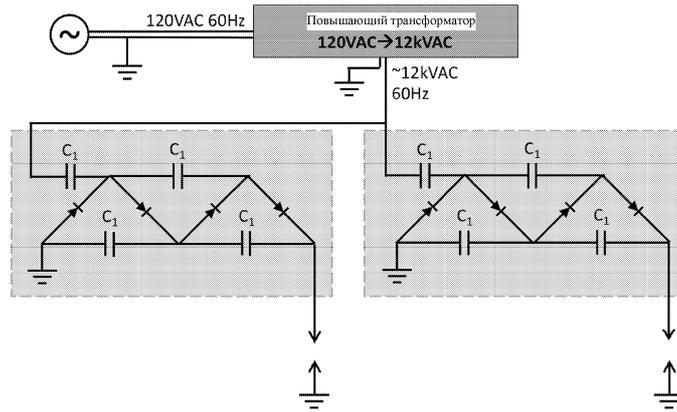
Фиг. 15В



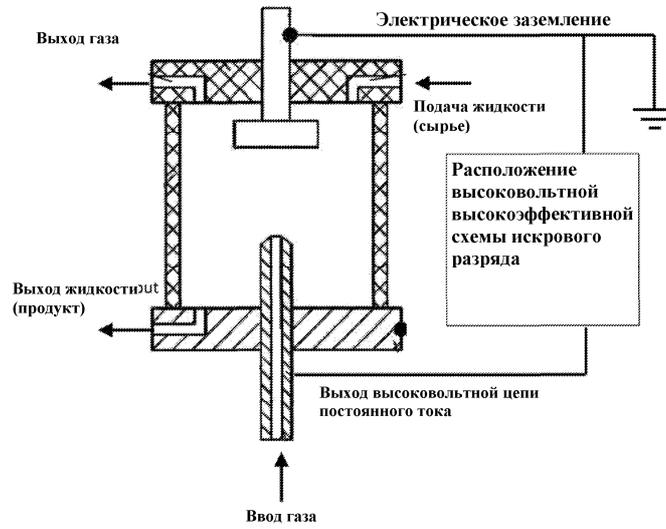
Фиг. 16



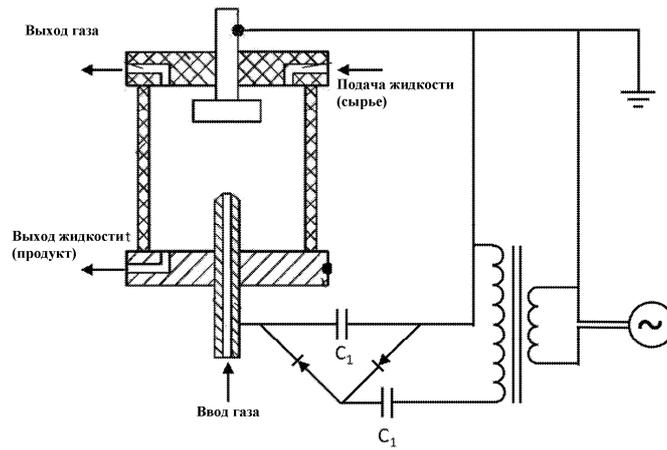
Фиг. 17



Фиг. 18



Фиг. 19А



Фиг. 19В

