



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H01H 33/12 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2018146062, 02.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.06.2017

Дата регистрации:  
08.12.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
03.06.2016 EP 16172827.4

(43) Дата публикации заявки: 09.07.2020 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 08.12.2020 Бюл. № 34

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 09.01.2019

(86) Заявка РСТ:  
EP 2017/063474 (02.06.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2017/207763 (07.12.2017)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ГАЛЛЕТТИ Бернардо (CH),  
АТТАР Эльхам (NO),  
КАРСТЕНСЕН Ян (DE),  
САКСЕГОРД Магне (NO),  
КРИСТОФФЕРСЕН Мартин (NO),  
ЗЕЕГЕР Мартин (CH),  
ШВИННЕ Михаэль (CH),  
РАНДЖАН Нитеш (CH),  
ШТОЛЛЕР Патрик (CH)

(73) Патентообладатель(и):  
АББ ШВАЙЦ АГ (CH)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2013/153110 A1, 17.10.2013. RU  
2121187 C1, 27.10.1998. RU 2006976 C1,  
30.01.1994. RU 2148281 C1, 27.04.2000. RU  
2207648 C1, 20.08.1997. RU 2091891 C1,  
27.09.1997. EP 2958124 A1, 23.12.2015. WO 84/  
04201 A, 25.10.1984. EP 1916684 A1, 30.04.2008.  
WO 2015/039918 A1, 26.03.2015.

## (54) ИЗОЛИРОВАННЫЙ ГАЗОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ НАГРУЗКИ НИЗКОГО ИЛИ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

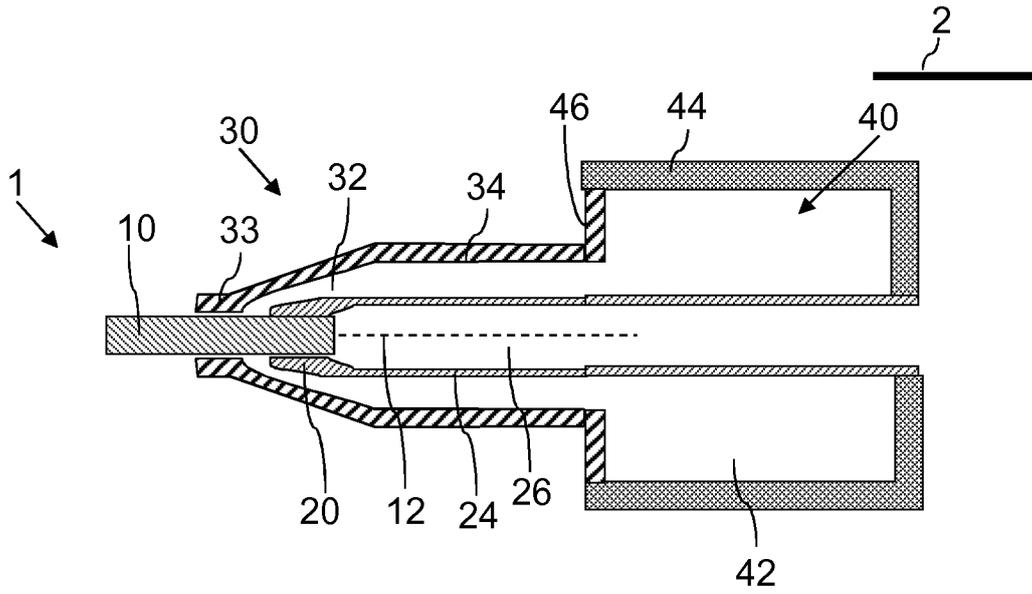
(57) Реферат:

Изолированный газом выключатель (1) нагрузки низкого или среднего напряжения содержит: корпус (2), задающий объем корпуса для удерживания изолирующего газа при окружающем давлении; первый дугогасительный контакт (10) и второй дугогасительный контакт (20), расположенные внутри объема корпуса, при этом первый и второй дугогасительные контакты (10, 20) подвижны относительно друг друга вдоль оси выключателя (1) нагрузки и задают зону гашения, в которой формируется дуга во время

операции выключения тока; систему сжатия (40), имеющую камеру (42) сжатия, расположенную внутри объема корпуса для сжатия гасящего газа от окружающего давления  $p_0$  до давления гашения  $p_{quench}$  во время операции выключения тока; и сопловую систему (30), расположенную внутри объема корпуса для выдувания сжатого газа гашения в форме дозвукового потока из камеры (42) сжатия на дугу, образованную в зоне гашения во время операции выключения тока. Сопловая система (30) содержит по меньшей мере

одно сопло (33), выполненное с возможностью выдувания гасящего газа из положения вне оси преимущественно радиально внутрь на зону

гашения. Техническим результатом является обеспечение возможности надежного гашения дуги. 8 н. и 23 з.п. ф-лы, 11 ил.



ФИГ. 1а

RU 2738087 C2

RU 2738087 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01H 33/12 (2020.08)*

(21)(22) Application: **2018146062, 02.06.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**02.06.2017**

Registration date:  
**08.12.2020**

Priority:

(30) Convention priority:  
**03.06.2016 EP 16172827.4**

(43) Application published: **09.07.2020 Bull. № 19**

(45) Date of publication: **08.12.2020 Bull. № 34**

(85) Commencement of national phase: **09.01.2019**

(86) PCT application:  
**EP 2017/063474 (02.06.2017)**

(87) PCT publication:  
**WO 2017/207763 (07.12.2017)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**GALLETTI, Bernardo (CH),  
ATTAR, Elham (NO),  
CARSTENSEN, Jan (DE),  
SAXEGAARD, Magne (NO),  
KRISTOFFERSEN, Martin (NO),  
SEEGER, Martin (CH),  
SCHWINNE, Michael (CH),  
RANJAN, Nitesh (CH),  
STOLLER, Patrick (CH)**

(73) Proprietor(s):

**ABB SCHWEIZ AG (CH)**

(54) **GAS ISOLATED LOW OR MEDIUM VOLTAGE LOAD BREAKER**

(57) Abstract:

FIELD: electrical equipment.

SUBSTANCE: gas-insulated low or medium voltage load (1) circuit breaker comprises: housing (2) defining body volume for holding insulating gas at ambient pressure; first arc-extinguishing contact (10) and second arc-extinguishing contact (20) located inside the housing volume, wherein the first and second arc-extinguishing contacts (10, 20) are movable relative to each other along load switch (1) axis and setting the blanking zone in which the arc is generated during the current cutoff operation; compression system (40) having compression chamber (42) located inside the housing volume for compression of the extinguishing gas from the ambient

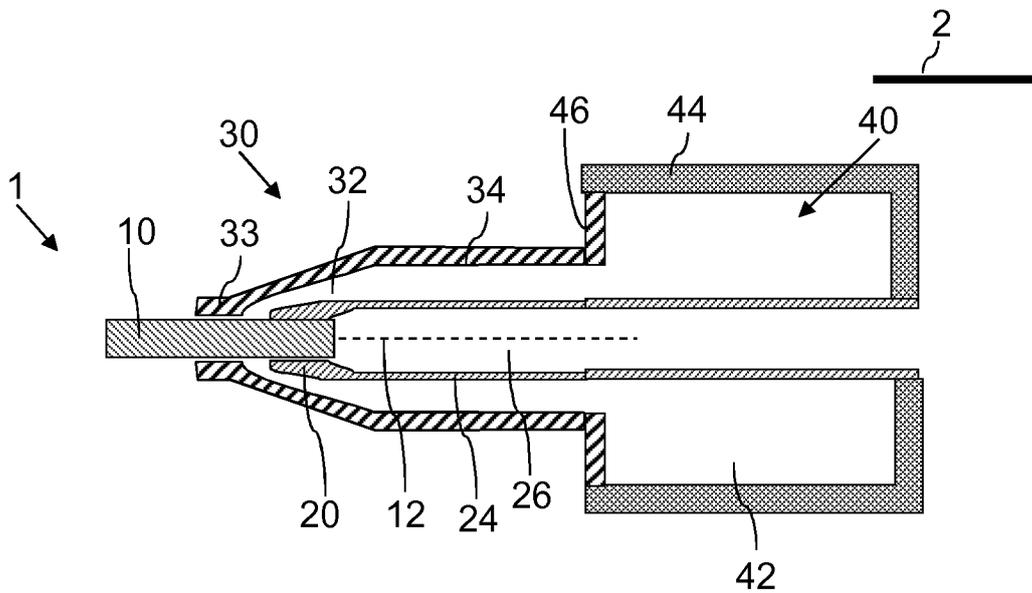
pressure  $p_0$  to quenching pressure  $p_{\text{quench}}$  during the current cutoff operation; and nozzle system (30) located inside body volume for blowing compressed gas of quenching in the form of subsonic flow from compression chamber (42) to arc formed in zone of damping during current cutoff operation. Nozzle system (30) comprises at least one nozzle (33), configured to blow the extinguishing gas from the position outside the axis, preferably radially inward, to the quench zone.

EFFECT: technical result is possibility of reliable arc suppression.

31 cl, 11 dwg

RU 2 738 087 C 2

RU 2 738 087 C 2



ФИГ. 1а

RU 2738087 C2

RU 2738087 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Аспекты данного изобретения относятся к изолированному газом выключателю нагрузки (LBS) низкого или среднего напряжения с возможностью гашения дуги для распределительной сети, блока замкнутой электрической сети (RMU) или для вторичного распределительного изолированного газом выключательного оборудования, имеющего такой выключатель нагрузки, к использованию такого выключателя нагрузки в распределительной сети, и к способу выключения тока нагрузки с использованием выключателя нагрузки.

#### Уровень техники

Выключатели нагрузки (LBS) образуют интегральную часть изолированных газом блоков замкнутой электрической сети, предназначенных для выключения токов нагрузки в диапазоне 400 А - 2000 А (эффективных). При выключении тока выключатель размыкается за счет относительного перемещения контактов (штырь и лепестки) друг от друга, за счет чего может образовываться электрическая дуга между разделяющимися контактами.

В обычно выключателе нагрузки обычно используется рубильник или, в более современных конструкциях, механизм (например, буферный механизм) для охлаждения и гашения дуги. В выключателях выключателях нагрузки с буферным механизмом гасящий газ сжат в объеме сжатия (буфере) и выпускается через центр лепестков в направлении дуги для гашения дуги. Пример такого потока показан на фиг. 4 и будет подробно пояснен ниже.

Обычно в качестве гасящего газа используется SF<sub>6</sub> из-за его превосходных диэлектрических и охлаждающих свойств. Низкий прерываемый ток в соединении со свойствами эффективного охлаждения SF<sub>6</sub>, обеспечивают возможность создания относительно небольшого давления для прерывания дуги в выключателе нагрузки, что обеспечивает низкую стоимость приведения в действие и изготовления обычного выключателя нагрузки.

В WO 2013/153110 A1 раскрыт высоковольтный газовый автоматический выключатель для прерывания токов короткого замыкания в диапазоне десятков килоампер при высоких напряжениях выше 52 кВ. Для этого автоматический выключатель имеет систему сжатия гасящего газа, которая включает приводимую в действие поршнем камеру сжатия и/или самовзрывающуюся нагревательную камеру, которая соединена по текучей среде через нагревательный канал с сопловой системой, обеспечивающей сужение сопла или узкий проход сопла для удерживания гасящего дугу газа и для ускорения его выше скорость звука. Такие автоматические выключатели используются в передаточных системах высокого напряжения и, в частности, в высоковольтных подстанциях (в переключательных узлах с воздушной изоляцией или с изоляцией диэлектрическим газом).

Автоматические выключатели в отличие от выключателей нагрузки, которые образуют часть блоков замкнутой электрической сети (RMU, так называемое вторичное оборудование среднего напряжения), которые предназначены для распределения электроэнергии при относительно небольших токах в несколько 100 А и относительно небольших напряжениях, например, до 36 кВ или до 24 кВ или до 12кВ. Выключатель нагрузки может выключать лишь номинальные токи нагрузки и лишь максимально обычно до 2 кА.

В EP 2 985 124 A1 раскрыто формирование гасящего дугу изолирующего материала и газовый автоматический выключатель с его использованием.

В EP 1 916 684 A1 раскрыт изолированный газом высоковольтный автоматический

выключатель, имеющий сопло с первым критическим сечением сопла и вторым критическим сечением сопла для создания местного дозвукового потока с последующей диффузорной частью для обеспечения сильного сверхзвукового расширения газа.

5 В WO 84/04201 раскрыт выключатель нагрузки с газом SF<sub>6</sub> для распределения напряжения, который имеет поршень и систему сопел для гашения дуги. При этом быстрое перемещение поршня создает удар изолирующего газа через отверстия в поршне для направления газа вокруг первых концов контактных стержней и через сопла для гашения дуги. За счет высокой скорости работы привода выключателя и тем самым быстрого движения поршня, за счет герметичного уплотнения и небольшого диаметра выключателя нагрузки с газом SF<sub>6</sub>, создается высокое давление газа и тем самым условия для сверхзвукового потока.

#### Сущность изобретения

15 Задачей изобретения является создание улучшенного изолированного газом выключателя нагрузки низкого или среднего напряжения, который обеспечивает возможность надежного гашения дуги даже в трудных условиях, при одновременном сохранении по меньшей мере в некоторой мере относительно небольшой стоимости и компактной конструкции.

20 С учетом этого предлагается изолированный газом выключатель нагрузки низкого или среднего напряжения, согласно пункту 1 формулы изобретения, распределительная сеть, блок замкнутой электрической сети или вторичное распределительное переключательное оборудование с газовой изоляцией (GIS), согласно пункту 19 формулы изобретения, содержащие такой выключатель нагрузки, способ выключения тока нагрузки, согласно пункту 20 формулы изобретения, и использование такого выключателя нагрузки, согласно пункту 24 формулы изобретения.

25 Согласно первому аспекту изобретения, создан изолированный газом выключатель нагрузки низкого или среднего напряжения. В соответствии с этим, выключатель нагрузки способен выключать токи нагрузки, однако не способен прерывать ток короткого замыкания. Токи нагрузки, называемые также номинальными токами, могут составлять, например, до 2000 А, предпочтительно до 1250 А и более предпочтительно до 1000 А, которые обычно являются номинальными токами, используемыми в распределительных сетях, блоках замкнутых электрических сетей и во вторичном изолированным газом переключательном оборудовании (GIS). С другой стороны, номинальный ток может быть больше 1 А, более предпочтительно больше 100 А, более предпочтительно больше 400 А. В случае выключателя нагрузки переменного тока, номинальный ток указывается в качестве эффективного тока.

30 В данном случае низкое или среднее напряжение является напряжением максимально до 52 кВ. Поэтому выключатель нагрузки низкого или среднего напряжения имеет номинальное напряжение максимально 52 кВ. Номинальное напряжение может быть, в частности, максимально 52 кВ, или предпочтительно максимально 36 кВ, или более предпочтительно максимально 24 кВ, или наиболее предпочтительно максимально 12 кВ. Номинальное напряжение может быть по меньшей мере 1 кВ.

45 Выключатель нагрузки содержит корпус (газовую оболочку), образующий объем для удерживания изолирующего газа при окружающем давлении p<sub>0</sub> (называемого рабочим давлением выключателя нагрузки, т.е. окружающим давлением внутри выключателя нагрузки при установившихся условиях); первый дугогасительный контакт (например, штыревой контакт) и второй дугогасительный контакт (например, лепестковый контакт), расположенные внутри объема корпуса, при этом первый и

второй дугогасительные контакты подвижны относительно друг друга вдоль оси выключателя нагрузки и задают зону гашения, в которой формируется электрическая дуга во время операции выключения тока; систему сжатия (например, буферную систему), имеющую камеру сжатия, расположенную внутри объема корпуса для сжатия гасящего газа (который может быть сжатым изолирующим газом) до давления гашения  $p_{\text{quench}}$  во время операции выключения тока, при этом давление гашения  $p_{\text{quench}}$  отвечает условию  $p_0 < p_{\text{quench}}$  и, в частности,  $p_{\text{quench}} < 1,8 \cdot p_0$ , при этом  $p_0$  является окружающим давлением; и сопловую систему, расположенную внутри объема корпуса для выдувания сжатого газа гашения в форме дозвукового потока из камеры сжатия на дугу, образованную в зоне гашения во время операции выключения тока. Поток является сверхзвуковым или дозвуковым в зависимости от разницы между давлением гашения  $p_{\text{quench}}$  и окружающим давлением  $p_0$ . В данном случае, имеется дозвуковой поток, в частности, при условии  $p_{\text{quench}} < 1,8 \cdot p_0$ .

Согласно другому аспекту данного изобретения, создан способ выключения тока нагрузки с использованием указанного выше выключателя нагрузки. Способ содержит перемещение первого дугогасительного контакта и второго дугогасительного контакта друг от друга вдоль оси выключателя нагрузки, за счет чего образуется электрическая дуга в зоне гашения; сжатие гасящего газа до давления гашения  $p_{\text{quench}}$ , отвечающему условию  $p_0 < p_{\text{quench}}$ , где  $p_0$  является окружающим давлением; и выдувание с помощью сопловой системы сжатого гасящего газа в дозвуковом потоке из камеры сжатия на дугу, образованную в зоне гашения, при этом выдувание гасящего газа осуществляется из положения вне оси, предпочтительно радиально внутрь на зону гашения.

В вариантах выполнения способа дозвуковой поток сохраняется во время всей операции выключения тока; и/или дозвуковой поток сохраняется во время всех типов операций выключения тока; и/или дозвуковой поток сохраняется внутри выключателя нагрузки, в частности, внутри сопловой системы или внутри по меньшей мере одного сопла; и/или условия звукового потока предотвращаются в любой момент операции выключения тока и для каждой операции выключения тока, подлежащей выполнению с помощью выключателя нагрузки.

Другие преимущества, признаки, аспекты и подробности могут комбинироваться с указанными здесь вариантами выполнения и раскрытыми в зависимых пунктах и комбинациях пунктов, в формуле изобретения, в описании и на чертежах.

#### **Краткое описание чертежей**

Ниже приводится более подробное пояснение изобретения со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых изображено:

фиг. 1a-1c - разрез выключателя нагрузки, согласно одному варианту выполнения изобретения, в различных состояниях во время операции выключения тока;

фиг. 2 - поток гасящего газа во время операции выключения тока выключателя нагрузки, согласно фиг. 1a-1c;

фиг. 3 - разрез выключателя нагрузки, согласно другому варианту выполнения изобретения;

фиг. 4 - разрез выключателя нагрузки, согласно сравнительному варианту выполнения;

фиг. 5-9 - разрез выключателя нагрузки, согласно другим вариантам выполнения изобретения.

#### **Описание предпочтительных вариантов выполнения**

Ниже приводится детальное описание различных аспектов и вариантов выполнения

изобретения. Каждый аспект и вариант выполнения предлагается в качестве пояснения и не является ограничением. Например, признаки, показанные или поясненные в качестве части одного аспекта или варианта выполнения могут использоваться в любом другом аспекте или варианте выполнения или в соединении с ними. Данное описание включает  
5 такие комбинации и модификации.

Согласно одному аспекту изобретения, сопловая система содержит по меньшей мере одно сопло, предназначенное для выдувания гасящего газа из положения вне оси преимущественно радиально внутрь на зону гашения. Внеосевое положение по меньшей мере одного (или каждого) сопла находится на заданном расстоянии от оси, при этом  
10 заданное расстояние является, например, по меньшей мере внутренним диаметром второго (лепесткового) контакта. По меньшей мере одно сопло может быть расположено радиально снаружи первого (штыревого) или второго (лепесткового) контакта.

В одном аспекте изобретения сопловая система задает форму потока гасящего газа, при этом форма потока включает точку полного торможения, в которой поток гасящего газа по существу останавливается, расположенную выше по потоку зону (т.е. перед  
15 точкой полного торможения в направлении потока гасящего газа) преимущественно радиального внутрь потока в направлении точки полного торможения, и расположенную ниже по потоку зону (т.е. после точки полного торможения в  
20 направлении потока гасящего газа) ускоренного потока преимущественно в осевом направлении от точки полного торможения.

При этом преимущественно радиальный внутрь поток является потоком, который приходит из выхода сопла, который смещен относительно центральной оси выключателя, т.е. так, что выходное отверстие сопла (или все выходное отверстие  
25 сопла) не перекрывается с осью. Согласно одному аспекту, по меньшей мере одно сопло предназначено для выдувания гасящего газа из положения вне оси на зону гашения (в частности, в направлении центральной оси) с углом падения больше  $45^\circ$ , например,  $60^\circ$ - $120^\circ$ , предпочтительно  $70^\circ$ - $110^\circ$ , более предпочтительно  $75^\circ$ - $105^\circ$  относительно направления оси. Направление потока определяется основным или  
30 средним потоком у выхода сопла.

Аналогичным образом, преимущественное осевое направление от точки полного торможения задается основным или средним потоком, направленным по существу вдоль оси под углом меньше  $45^\circ$ , предпочтительно меньше  $30^\circ$  относительно оси.

Согласно одному аспекту изобретения, система сжатия является буферной системой.  
35 При этом камера сжатия является буферной камерой, например, с поршнем, предназначенным для сжатия гасящего газа внутри буферной камеры во время операции выключения тока. Таким образом, согласно другому аспекту изобретения, сопловая система является сопловой системой буферного типа без взрывного эффекта. Не обязательно, первый или второй дугогасительный контакт является подвижным, и  
40 поршень подвижен вместе с первым или вторым дугогасительным контактом, при этом другая (остальная) часть буферной камеры является стационарной, для сжатия буферной камеры во время операции выключения тока.

Согласно одному аспекту изобретения, гасящий газ имеет общий нагревательный потенциал меньше, чем SF<sub>6</sub> (например, в интервале 100 лет). Изолирующий газ может  
45 содержать, например, по меньшей мере один компонент фонового газа, выбранного из группы, состоящей из CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, воздуха, N<sub>2</sub>O, в смеси с углеводородом или фторорганическим соединением. Например, диэлектрическая изолирующая среда может содержать сухой воздух или технический воздух. Диэлектрическая изолирующая среда

может содержать, в частности, фторорганическое соединение, выбранное из группы, состоящей из фторэфира, эпоксидного полимера, фторамина, фторкетона, фторолефина, фторнитрила и их смеси и/или продукты разложения. В частности, изолирующий газ может содержать в качестве углеводорода по меньшей мере  $\text{CH}_4$ , перфторированное

5 и/или частично гидрированное фторорганическое соединение и их смеси. Фторорганическое соединение предпочтительно выбрано из группы, состоящей из фторуглерода, фторэфира, фторамина, фторнитрила и фторкетона, и предпочтительными являются фторкетон и/или фторэфиром, более предпочтительно перфторкетон и/или гидрофторэфиром, более предпочтительно перфторкетон, имеющим от 4 до

10 12 атомов углерода и даже более предпочтительно перфторкетон, имеющий 4, 5 или 6 атомов углерода. В частности, перфторкетон состоит или содержит по меньшей мере:  $\text{C}_2\text{F}_5\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$  или додекафторо-2-метилпентан-3-он, и  $\text{CF}_3\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$  или декафторо-2-метилбутан-3-он. Изолирующий газ предпочтительно содержит фторкетон, смешанный с воздухом или компонентом воздуха, таким как  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  и/или  $\text{CO}_2$ .

15 В специальных случаях фторнитрил, указанный выше, является перфторнитрилом, в частности, перфторнитрилом, содержащим два атома углерода и/или три атома углерода и/или четыре атома углерода. В частности, фторнитрил может быть перфторалкилнитрилом, в частности, перфторацетонитрилом, перфторпропионитрилом

20  $(\text{C}_2\text{F}_5\text{CN})$  и/или перфторбутиронитрилом  $(\text{C}_3\text{F}_7\text{CN})$ . Наиболее предпочтительно, фторнитрил может быть перфторизобутиронитрилом (в соответствии с формулой  $(\text{CF}_3)_2\text{CFCN}$ ) и/или перфтор-2-метоксипропаннитрилом (в соответствии с формулой  $\text{CF}_3\text{CF}(\text{OCF}_3)\text{CN}$ ). Из них особенно предпочтительным является

25 перфторизобутиронитрил за счет его низкой токсичности.

Согласно одному аспекту изобретения, номинальное напряжение выключателя составляет максимально 52 кВ. Это номинальное напряжение может также влиять на режим давления и размеры выключателя, как будет указано ниже.

Согласно одному аспекту изобретения, система сжатия предназначена для сжатия гасящего газа во время операции выключения тока до давления гашения  $p_{\text{quench}}$ ,

30 удовлетворяющего по меньшей мере одному из следующих условий (i, ii, iii, iv):

- i.  $p_{\text{quench}} < 1,8 \cdot p_0$ , более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < 1,5 \cdot p_0$ , более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < 1,3 \cdot p_0$ ;
- ii.  $p_{\text{quench}} > 1,01 \cdot p_0$ , в частности,  $p_{\text{quench}} > 1,1 \cdot p_0$ ;
- 35 iii.  $p_{\text{quench}} < p_0 + 800$  мбар, в частности,  $p_{\text{quench}} < p_0 + 500$  мбар, более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 300$  мбар и наиболее предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 100$  мбар;
- iv.  $p_{\text{quench}} > p_0 + 10$  бар.

Следует отметить, что уже каждое из этих четырех условий является

40 предпочтительным само по себе, однако предпочтительно может выполняться в различных комбинациях (например, i. и ii., или i. и iii., или ii. и iii., или iv, или все вместе) для улучшения или оптимизации форм дозвукового потока газа в выключателе нагрузки.

Разница давления ниже пределов условия i и iii обеспечивает возможность не только дозвукового потока гасящего газа, но также удерживает низкими требования к приводу

45 выключателя и тем самым его стоимости. Тем не менее, условия i-iii обеспечивают разумные свойства гашения дуги внутри номинальных значений выключателя нагрузки низкого или среднего напряжения, при использовании указанной здесь конструкция сопел. Обычно, окружающее давление  $p_0$  в выключателе нагрузки составляет  $p_0 \leq 3$

бар, предпочтительно  $p_0 \leq 1,5$  бар, более предпочтительно  $p_0 \leq 1,3$  бар.

Согласно одному аспекту изобретения, выключатель имеет одно или больше из следующих размеров:

- сопло имеет диаметр в диапазон от 5 мм до 15 мм;

- объем сжатия камеры сжатия имеет (радиальный) диаметр в диапазоне от 40 мм до 80 мм, и максимальную (осевую) длину в диапазоне от 40 мм до 200 мм;

- первый и второй дугогасительные контакты имеют максимальное разделение контактов до 150 мм, предпочтительно до 110 мм и/или по меньшей мере 10 мм; и имеют, в частности, максимальное расстояние между контактами в диапазоне от 25 мм до 75 мм.

Согласно одному аспекту изобретения, сопла содержат изолированную наружную часть сопла, например, на дальнем конце сопла.

Согласно одному аспекту изобретения, по меньшей мере один первый контакт и второй контакт имеет соответствующую полую часть, расположенную так, что часть гасящего газа, выдуваемого в зону гашения, проходит из зоны гашения в полую часть. Соответствующий контакт может иметь, например, трубчатую топологию, и полая часть является в этом случае внутренним объемом трубы. Согласно одному аспекту изобретения, полая часть имеет выход на выходной стороне полой части, например, на трубчатой части вдали от объема гашения. Выход может быть соединен с основным объемом (зоной окружающего давления) корпуса. За счет этого полая часть может обеспечивать возможность прохождения гасящего газа, заходящего в полую часть, из выхода в зону окружающего давления. Предпочтительно, как первый, так и второй контакт имеют такую геометрическую форму, соответственно. За счет этого дуга может быть эффективно рассеяна с меньшей подачей энергии. Согласно другому аспекту изобретения, как первый, так и второй контакт (штыревой и лепестковый контакт) имеют одно или несколько отверстий в их боковой поверхности, служащих в качестве выхода, при этом одно или несколько отверстий предпочтительно соединены с основным объемом.

Согласно другому аспекту изобретения, выключатель нагрузки является выключателем с одним движением, при этом лишь один первый или второй контакт является подвижным. Подвижный контакт приводится в действие с помощью приводного блока. Согласно другому аспекту изобретения, первый контакт (например, штыревой контакт) является неподвижным, а второй контакт (например, лепестковый контакт) подвижен.

Согласно другому аспекту изобретения, сопловая система неподвижно соединена с подвижным контактом и/или подвижна вместе с подвижным контактом и/или приводится в движение с помощью приводного блока, который приводит в движение подвижный контакт.

Согласно другому аспекту изобретения, один первый или второй контакт является лепестковым контактом, и сопло (или каждое) сопло сопловой системы расположено радиально снаружи лепесткового контакта. Согласно другому аспекту изобретения, внутренняя сторона сопла образована наружной стороной лепесткового контакта. Согласно другому аспекту изобретения, наружная сторона сопла имеет изолирующую часть, при этом изолирующая часть предпочтительно является концевой частью сопла.

Согласно другому аспекту изобретения, выключатель нагрузки дополнительно содержит по меньшей мере один первый и второй элементы управления полем для электрического экранирования первого и/или второго контакта, соответственно. Элементы управления полем отличны от сопловой системы и предпочтительно

расположены отдельно от сопел, например, на осевом удалении от сопла и/или радиально снаружи сопла.

Согласно другому аспекту изобретения, второй дугогасительный контакт включает полую трубку с вставкой, прикрепленной к внутренней стороне трубки, при этом сопловая система содержит канал, проходящий от системы сжатия до сопла и, в частности, задан пространством между вставкой и полую трубкой, и при этом, не обязательно, система сжатия расположена на наружной стороне трубки, и при этом, не обязательно, полая трубка содержит отверстие, позволяющее проходить гасящему газу из системы сжатия в канал.

Согласно другому аспекту изобретения, предлагается распределительная сеть, блок замкнутой электрической сети или вторичное распределительное изолированное газом выключательное оборудование, имеющее выключатель нагрузки, указанный выше. Согласно вариантам выполнения, выключатель нагрузки расположен в комбинации с автоматическим выключателем, в частности, в комбинации с вакуумным автоматическим выключателем.

Согласно другому аспекту изобретения, предлагается использование выключателя нагрузки, раскрытого здесь, в распределительной сети, блоке замкнутой электрической сети или вторичном распределительном изолированном газом выключательном оборудовании. Варианты выполнения использования содержат: использование выключателя нагрузки для выключения токов нагрузки в распределительной сети, блоке замкнутой электрической сети (RMU) или вторичном распределительном изолированном газом выключательном оборудовании (GIS); и/или для выключения токов нагрузки, но не для прерывания токов короткого замыкания; и/или использование выключателя нагрузки в комбинации с автоматическим выключателем, в частности, с вакуумным автоматическим выключателем, который отличен от выключателя нагрузки. В качестве другого варианта выполнения и для полноты следует упомянуть, что возможно также, что внутри (специального) блока замкнутой электрической сети имеется выключатель нагрузки, расположенный без дополнительного автоматического выключателя.

### 30 **Подробное описание чертежей**

В приведенном ниже описании вариантов выполнения, показанных на чертежах, одинаковыми позициями обозначены одинаковые или подобные компоненты. Обычно приводится описание лишь отличия отдельных вариантов выполнения. Если не указано иначе, то описание части или аспекта в одном варианте выполнения применимо также для соответствующей части или аспекта в другом варианте выполнения.

На фиг. 1a-1c показан разрез выключателя 1 нагрузки, согласно одному варианту выполнения изобретения. На фиг. 1a выключатель показан в замкнутом состоянии, на фиг. 1b - в первом состоянии во время операции выключения тока с горящей дугой, и на фиг. 1c - во втором, более позднем состоянии во время операции выключения тока.

Выключатель 1 имеет непроницаемый для газа корпус (не изображен), который заполнен электрически изолирующим газом при окружающем давлении. Показанные компоненты расположены внутри объема корпуса, заполненного газом. Другими словами, окружающее давление  $p_0$  означает фоновое давление, имеющееся внутри заполненного выключателя 1 нагрузки.

Выключатель 1 имеет стационарный штыревой контакт (первый дугогасительный контакт) 10 и подвижный лепестковый контакт (второй дугогасительный контакт) 20. Неподвижный контакт 10 является сплошным, в то время как подвижный контакт 20 имеет трубчатую геометрическую форму с трубчатой частью 24 и внутренним объемом

или полый частью 26. Подвижный контакт 1 может перемещаться вдоль оси 12 от стационарного контакта 10 для размыкания выключателя 1.

Выключатель 1 имеет дополнительно систему 40 сжатия буферного типа с камерой 42 сжатия, имеющей содержащийся в ней гасящий газ. Гасящий газ является частью изолирующего газа, содержащегося в объеме корпуса выключателя 1. Камера 42 сжатия ограничена стенкой 44 камеры и поршнем 46 для сжатия гасящего газа внутри буферной камеры 42 во время операции выключения тока.

Выключатель 1 имеет дополнительно сопловую систему 30. Сопловая система 30 содержит сопло 33, соединенное с камерой 42 сжатия с помощью соплового канала 32. Сопло 33 расположено вне оси относительно центральной оси 12 (и расположено, другими словами, коаксиально центральной оси 12), и расположено, в частности, в осевом направлении снаружи лепесткового контакта 20. В показанном на фиг. 1a-1c варианте выполнения имеется несколько сопел, расположенных с равномерными угловыми интервалами (или в азимутальных положениях) вдоль окружности вокруг оси 12; понятие «сопло» относится здесь к любому из этих сопел, и предпочтительно к каждому соплу.

Во время операции выключения, как показано на фиг. 1b, подвижный контакт 20 перемещен с помощью привода (не изображен) вдоль оси 12 от стационарного контакта 10 (вправо на фиг. 1b). За счет этого дугогасительные контакты 10 и 20 отделены друг от друга, и образуется дуга 50 в зоне 52 гашения между обоими контактами 10 и 20.

Сопловая система 30 и поршень 46 перемещены с помощью привода (не изображен) во время операции выключения тока вместе с лепестковым контактом 20 от штыревого контакта 10. Другая стенка 44 камеры 42 сжатия стационарна. Таким образом, объем 42 сжатия сжат, и гасящий газ, содержащийся в нем, доведен до давления гашения  $p_{\text{quench}}$ , которое задано в качестве максимального общего давления (в целом, т.е. с пренебрежением локальных повышений давления) внутри камеры 42 сжатия.

Затем сопловая система 30 выдувает сжатый гасящий газ из камеры 42 сжатия на дугу 50, как показано стрелками на фиг. 1b. Для этого гасящий газ выпускается из камеры 42 сжатия и выдувается через канал 32 и сопло 33 в зону 52 гашения.

Сопло 33 задает форму потока гасящего газа, показанную на фиг. 1b и 1c. Гасящий газ проходит из положения вне оси (выхода сопла 33) преимущественно радиально внутрь на зону 52 гашения и тем самым на дугу 50.

Направленный преимущественно радиально внутрь поток, как задано по меньшей мере одним соплом 33, которое предназначено для выдувания гасящего газа из положения вне оси на зону 52 гашения под углом между  $73^\circ$  и  $105^\circ$  из осевого направления.

На фиг. 2 показана более подробно форма потока гасящего газа. Форма потока включает точку 64 полного торможения, в которой поток гасящего газа по существу останавливается. Более точно, точка 64 полного торможения определяется как зона, в которой форма потока гасящего газа имеет по существу исчезающую скорость. В количественном отношении скорость газа по существу исчезает, если величина  $v_{\text{gas}}$  скорости отвечает неравенству

$$v_{\text{gas}} \leq c \sqrt{2\Delta p / \rho}$$

где  $\Delta p = p_{\text{quench}} - p_0$  является разницей давления сжатого (гасящего) газа (максимальное давление  $p_{\text{quench}}$  в объеме 42) и окружающего газа ( $p_0$ );  $\rho$  является плотностью сжатого (гасящего) газа в объеме сжатия (при максимальном сжатии), и  $c$  является заданным постоянным коэффициентом, предпочтительно выбранным в диапазоне  $c < 0,2$ , например,

$c=0,01$ , предпочтительно  $c=0,1$ .

При этом точка 64 полного торможения определена в качестве зоны, в которой выполняется указанное выше неравенство во время установившегося состояния потока гасящего газа во время операции выключения тока, например, во время движения  
5 размыкания выключателя без тока (работа без нагрузки). Указанное выше неравенство предпочтительно задано при отсутствии дуги (в частности, без создающего дугу тока).

Таким образом, точка полного торможения задает зону. Дополнительно к этому, точка полного торможения может также относиться к любой точке внутри зоны, и, в частности, относиться к центру этой зоны.

10 Форма потока дополнительно включает верхнюю по потоку зону 62 (преимущественно радиально внутрь) потока в направлении точки 64 полного торможения (т.е. по потоку перед точкой 64 полного торможения), и нижнюю по потоку зону 66 ускорения потока преимущественно в осевом направлении от точки 64 полного торможения, т.е. по потоку после точки 64 полного торможения. В данном случае  
15 понятия выше по потоку и ниже по потоку не обязательно включают в себя, что газ проходит через точку 64 полного торможения.

Предпочтительно, точка 64 полного торможения перекрывается с зоной 52 гашения и более предпочтительно расположена внутри зоны 52 гашения.

Таким образом, гасящий газ проходит (в верхней по потоку зоне 62) в направлении  
20 зоны 52 гашения из преимущественно радиального направления, за счет чего он тормозится. Из зоны 52 гашения газ проходит (в нижней по потоку зоне 66) преимущественно в осевом направлении от зоны гашения, за счет чего он ускоряется в осевом направлении. Эта форма потока имеет преимущество создания профиля давления, с помощью которого поперечное сечение и диаметр дуги 50 ограничивается  
25 и удерживается небольшим. Это и осевое вдувание на дугу 50 приводит к улучшенному охлаждению и гашению дуги 50.

В варианте выполнения, показанном на фиг. 1а-1с и 2, газ ускоряется после точки 64 полного торможения в двух противоположных направлениях вдоль оси 12. Сопловая система задает две расположенные ниже по потоку зоны 66 на противоположных  
30 сторонах точки 64 полного торможения вдоль оси 12. Этот двойной поток от дуги 50 обеспечивается с помощью полого объема или полой части 26 второго контакта 20. Полая часть 26 расположена так, что часть гасящего газа, выдуваемого в зону 52 гашения, может проходить от зоны 52 гашения в полую часть 26 и из нее через выход полой части 26 (на фиг. 1а-1с на правой стороне полой части 26) в основной объем  
35 корпуса выключателя 1 нагрузки.

Выключатель 1 нагрузки содержит также другие части, такие как номинальные контакты, привод, контроллер и т.п., которые не изображены на фигурах и описание которых не приводится. Эти части предусмотрены по аналогии с обычными выключателями нагрузки низкого или среднего напряжения.

40 Выключатель нагрузки может быть предусмотрен в качестве части изолированного газом блока замкнутой электрической сети и может быть предназначен для выключения тока нагрузки в диапазоне до 400 А или даже до 2000 А (эфф.).

Некоторыми возможными применениями выключателя нагрузки могут быть применения в качестве выключателя нагрузки низкого или среднего напряжения, и/или  
45 выключателя с комбинацией выключателя и предохранителя; или разъединителя среднего напряжения в установках, в которых не может быть исключено образование дуги. Номинальное напряжение для этих применений составляет максимально 52 кВ.

За счет применения указанной здесь формы потока в выключателе нагрузки низкого

или среднего напряжения, могут быть значительно улучшены его тепловые характеристики прерывания. Это обеспечивает возможность применение изолирующего газа, отличного от SF<sub>6</sub>. Газ SF<sub>6</sub> имеет отличные диэлектрические и дугогасительные свойства и поэтому обычно используется в изолированном газом выключательном оборудовании. Однако, из-за его высокого потенциала для глобального потепления, прикладываются большие усилия для уменьшения его эмиссии и возможного прекращения использования таких парниковых газов, и тем самым к поиску альтернативных газов, которыми можно заменять SF<sub>6</sub>.

Такие альтернативные газы уже предложены для других типов выключателей. Например, в WO 2014/154292 A1 раскрыт свободный от SF<sub>6</sub> выключатель с альтернативным изолирующим газом. Замена SF<sub>6</sub> такими альтернативными газами является технологической проблемой, поскольку SF<sub>6</sub> имеет чрезвычайно хорошие дугогасительные и изолирующие свойства, за счет присущей ему способности охлаждать дугу.

Данная конфигурация позволяет использовать такой альтернативный газ, имеющий меньший потенциал для глобального потепления, чем SF<sub>6</sub>, в выключателе нагрузки, даже если альтернативный газ не полностью соответствует характеристикам прерывания SF<sub>6</sub>.

Изолирующий газ предпочтительно имеет потенциал глобального потепления меньше чем SF<sub>6</sub> в интервале 100 лет. Изолирующий газ предпочтительно содержит по меньшей мере один газовый компонент, выбранный из группы, содержащей CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, воздух, N<sub>2</sub>O, углеводород, в частности CH<sub>4</sub>, перфторированное или частично гидрированное фторорганическое соединение, и их смеси.

Фторорганическое соединение предпочтительно выбрано из группы, состоящей из: фторуглерода, фторэфира, оксирана, фторамина, фторнитрила, фторкетона, и их смесей и/или продуктов разложения, и предпочтительным является фторкетон и/или фторэфир, более предпочтительно перфторкетон и/или гидрофторэфир, более предпочтительно перфторкетон, имеющий от 4 до 12 атомов углерода. Изолирующий газ предпочтительно содержит фторкетон, смешанный с воздухом или компонентом воздуха, таким как N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и/или CO<sub>2</sub>.

В некоторых вариантах выполнения, за счет низкого профиля, позволяющего очень эффективно охлаждать дугу, это улучшение может быть достигнута без увеличения давления гасящего газа в сопле (без увеличения давления в камере сжатия), и тем самым без увеличения необходимости/стоимости привода выключателя. В некоторых вариантах выполнения может быть даже уменьшено давление.

Таким образом, согласно одному аспекту изобретения, система сжатия может быть предназначена для сжатия гасящего газа во время операции выключения тока до давления гашения  $p_{\text{quench}} < 1,8 \cdot p_0$ , где  $p_0$  является окружающим давлением, и  $p_{\text{quench}}$  является (максимальным общим) давлением сжатого изолирующего газа, называемого также гасящим газом, во время операции выключения тока в камере сжатия. Это условие для давления гашения обеспечивает, что поток гасящего газа является дозвуковым, и в то же время ограничивает потребность в приводе, который обычно выполняет работу по сжатию гасящего газа.

Более предпочтительно, давление гашения отвечает условию  $p_{\text{quench}} < 1,5 \cdot p_0$ , или  $p_{\text{quench}} < 1,3 \cdot p_0$ , или даже  $p_{\text{quench}} < 1,1 \cdot p_0$ . С другой стороны, давление гашения

предпочтительно соответствует условию  $p_{\text{quench}} > 1,01 \cdot p_0$ , так что повышение давления достаточно для гашения дуги.

Согласно одному аспекту изобретения, давление гашения соответствует условию  $p_{\text{quench}} < p_0 + 800$  мбар, предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 500$  мбар, более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 300$  мбар и наиболее предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 100$  мбар. С другой стороны, давление гашения соответствует условию  $p_{\text{quench}} > p_0 + 10$  мбар.

В вариантах выполнения окружающее давление изолирующего газа в корпусе составляет  $p_0 \leq 3$  бар, предпочтительно  $p_0 \leq 1,5$  бар, более предпочтительно  $p_0 \leq 1,3$  бар.

Эти условия давления очень отличаются от типичных условий потока в автоматических выключателях высокого напряжения (с номинальным напряжением выше 52 кВ). В этих высоковольтных автоматических выключателях (буферного и самовзрывного типа), условия потока являются сверхзвуковыми для максимального охлаждения дуги. За счет этого требуется намного большее давление  $p_{\text{quench}}$ , значительно превышающее  $1,8 \cdot p_0$  (и значительно превышающее  $p_0 + 800$  мбар). Это приводит к большим требованиям к приводу этих высоковольтных автоматических выключателей, которые исключают их применение, с точки зрения стоимости, в рассматриваемых здесь выключателях нагрузки низкого и среднего напряжения. Эти выключатели нагрузки низкого и среднего напряжения являются полностью другим типом выключателей для совсем других применений, имеют другую конструкцию и других пользователей, чем автоматические выключатели.

В противоположность этому, данная заявка относится к выключателю нагрузки низкого или среднего напряжения, который обычно имеет номинальное напряжение максимально 52 кВ и не предназначен или не способен выключать более высокие напряжения, и который имеет номинальный ток максимально 2000 А или даже 1250 А и не предназначен и не способен выключать более высокие токи. В частности, выключатель нагрузки не предназначен или не способен прерывать ток короткого замыкания.

Ниже приводится описание выключателя нагрузки, согласно другому варианту выполнения изобретения, со ссылками на фиг. 3. Вариант выполнения отличается от показанного на фиг. 1a-1c варианта выполнения тем, что полая часть 26 второго контакта 20 блокирована блокировочным элементом 27. В результате, полая часть 26 не пропускает поток гасящего газа. Поэтому в показанном на фиг. 3 варианте выполнения гасящий газ ускоряется по потоку после точки 64 полного торможения (в зоне 52 гашения) лишь в одном направлении вдоль оси 12, а именно, в направлении другого контакта (первого контакта, не изображенного на фиг. 3), т.е. влево на фиг. 3. Тем не менее, за счет преимущественно осевого вхождения гасящего газа в направлении зоны 52 гашения, поток газа все еще имеет точку 64 полного торможения.

Другие аспекты показанного на фиг. 3 варианта выполнения аналогичны варианту выполнения, согласно фиг. 1a-1c, и приведенное выше описание распространяется по аналогии на показанный на фиг. 3 вариант выполнения.

Ниже приводится описание со ссылками на фиг. 4 обычного выключателя нагрузки, согласно сравнительному примеру выполнения. Здесь гасящий газ выдувается через канал 32', проходящий вдоль оси 12 и через расположенное в осевом направлении сопло (центр лепестков образует второй контакт 20), в зону 52 дуги в осевом направлении. Эта форма потока задает преимущественно осевой поток без точки полного торможения. В этом варианте выполнения на фиг. 4 это достигается посредством соединения осевого

канала 32' с объемом 42 сжатия и посредством блокирования любого не осевого канала, например, с помощью блокировочного элемента 37.

В сравнительном пути на фиг. 4 гасящий газ выдувается на дугу из преимущественно осевого направления, в частности, из центра лепесткового второго контакта 20. В соответствии с этим, дуга вынуждена перемещаться из сопла 33 через выход (здесь в левую сторону на фиг. 4). Эта обычная топология потока, показанная на фиг. 4, называемая также осевым потоком, используется в выключателях нагрузки, согласно уровню техники. Она проста и дешева в реализации, и обеспечивает приемлемые характеристики гашения дуги с помощью газа SF<sub>6</sub> и повышения давления на 100-200 мбар.

Характеристики различных конструкций, согласно фиг. 1а-4, сравнивались экспериментально. А именно, ток нагрузки подавался через первый и второй контакты 10 и 12, и штырь (первый контакт 10) перемещался относительно и с отделением от второго контакта 20, за счет чего зажигалась дуга. Одновременно сжимался гасящий газ и выпускался из объема 42 сжатия для прохождения к зоне 52 дуги для гашения дуги 50, как указывалось выше применительно к фиг. 1b-1с, 2, 3 и 4.

В результате было установлено, что для гашения дуги при одном и том же уровне прерываемого тока, в вариантах выполнения изобретения (согласно фиг. 1а-3) требуется намного меньшее давление (избыточное давление в объеме сжатия) по сравнению с обычной конструкцией, согласно фиг. 4.

Аналогичным образом было установлено, что при заданном превышении давления, как в обычном выключателе на фиг. 4 с использованием SF<sub>6</sub> в качестве гасящего газа, профиль потока на фиг. 1а-3 все еще обеспечивает термически прерывание тока, даже при использовании альтернативного газа, имеющего уменьшенный дугогасительный потенциал, в качестве гасящего газа. Следовательно, предлагаемый здесь выключатель нагрузки можно также использовать с SF<sub>6</sub> в качестве гасящего газа.

Эти результаты ясно показывают преимущества, достигаемые за счет изменения конструкции сопла и формы потока гасящего газа, согласно данному изобретению. Оптимизированная конструкция сопла обеспечивает более эффективное охлаждение дуги и эффективность гашения по сравнению с обычной конструкцией, и тем самым позволяет термически прерывать токи нагрузки в большом диапазоне номинальных значений выключения (например, номинальных токов при напряжениях, например, 12 кВ, до 24 кВ, до 36 кВ или даже до 52 кВ) с помощью альтернативного газа, как указывалось выше.

Ниже приводится описание выключателя нагрузки, согласно другому варианту выполнения изобретения. Снова описание любого другого варианта выполнения применимо к этому варианту выполнения, если не указано иначе. В этом варианте выполнения первый контакт является штырем, и второй (подвижный) контакт является лепестковым контактом, который включает полую трубку с вставкой, прикрепленной к внутренней стороне трубки. Сопловая система содержит сопло и сопловой канал, заданный между трубкой и вставкой. Сопло предназначено для выдувания гасящего газа из вне осевого положения преимущественно радиально внутрь в зону гашения, как указывалось выше применительно к фиг. 1а-1с и 2. В отличие от этих фигур, объем сжатия находится радиально снаружи соплового канала и/или трубки, задавая вход из объема сжатия в сопловой канал. Отверстия в боковой поверхности соплового канала или трубки задают вход из объема сжатия в сопловой канал.

С помощью этого варианта выполнения операция прерывания тока осуществляется

аналогично фиг. 1а-1с: второй контакт и поршень перемещаются с помощью привода от первого контакта, и газ в объеме сжатия сжимается поршнем для прохождения в зону дуги из вне осевого положения преимущественно радиально внутрь в направлении дуги. После достижения зоны дуги, гасящий газ проходит в двух направлениях (двойным потоком), как указывалось выше применительно к фиг. 1а-1с и 2.

Этот вариант выполнения обеспечивает предпочтительную форму потока с минимальным количеством частей и с минимальным повышением стоимости и веса подвижного контакта, посредством лишь предусмотрения вставки.

Изобретение не ограничено указанными выше вариантами выполнения, оно может быть модифицировано различными путями внутри объема, заданного формулой изобретения. Например, на фиг. 5-9 показаны дополнительные варианты выполнения выключателя нагрузки, согласно изобретению. Здесь показаны лишь верхние половины (над осью 12) соответствующих выключателей; однако выключатели являются по существу ротационно симметричными. На этих фигурах позиции снова соответствуют позициям на предыдущих фигурах, и их описание также применимо к фиг. 5-9, если не указано или показано иначе. Эти фиг. 5-9 иллюстрируют общие аспекты, которые могут также использоваться в соединении с другими вариантами выполнения.

На фиг. 5 показано, что в качестве первого контакта 10 может использоваться полый штырь 10, так что задается осевой выходной канал 16 внутри полого штыря 10. Эта конструкция обеспечивает более эффективный поток гасящего газа в нижней по потоку зоне. Эта конструкция позволяет также использовать длинные сопла 33 (проходящие в осевом направлении), без отрицательного влияния на эффективность гашения. Эта конструкция может применяться как в выключателе с двойным потоком (см. фиг. 1а-1с и 2), как показано на фиг. 5, так и в выключателе с одним потоком, как показано на фиг. 2.

На фиг. 6 показано, что поршень 44 системы сжатия (буферной системы) и/или сопловая система 30 могут перемещаться вместе со вторым дугогасительным контактом 20 и, в частности, что поршень 44 может быть соединен с сопловой системой 30, специально с соплом 33. Согласно этому аспекту, второй дугогасительный (лепестковый) контакт 20, сопловая система 30 и поршень 44 могут перемещаться совместно.

Согласно общему аспекту, поршень 44 и объем 42 сжатия расположены вне оси выключателя. Однако, как показано на фиг. 7, в альтернативном аспекте поршень 44 и объем 46 сжатия могут быть также расположены на оси 12 выключателя. В этом случае канал 32 сопловой системы 30 проходит от объема 46 сжатия в положение вне оси сопла 33.

Кроме того, на фиг. 7 показано, что выход 48 из полый части 26 может проходить преимущественно радиально из расположенной на оси полый части 26 к основному объему корпуса выключателя.

На фиг. 8 показан вариант выполнения, в котором второй дугогасительный контакт 20 может быть стационарным, в то время как первый дугогасительный контакт 10 является подвижным; сопловая система 30 является стационарной (прикреплена ко второму дугогасительному контакту 20); поршень подвижен вместе с первым дугогасительным контактом 10; остальная система 40 сжатия может быть стационарной. Это расположение может приводить к конфигурации с особенно малой подвижной массой.

На фиг. 9 показан вариант выполнения, в котором оба дугогасительных контакта 10 и 20 могут быть штырями, упирающимися друг в друга с образованием конфигурации штырь-штырь. В качестве другого аспекта, первый дугогасительный контакт 10

установлен с помощью пружины. Второй дугогасительный контакт 20 подвижен вместе с сопловой системой 30, однако в качестве альтернативного решения возможна другая конфигурация, согласно любому из указанных здесь аспектов.

5 В вариантах выполнения выключатель 1 нагрузки является рубильником; или в общем случае выключатель 1 нагрузки имеет контактную систему с вращающимся контактом. В альтернативном варианте выполнения выключатель 1 нагрузки имеет перемещаемый в осевом направлении контакт (с единственным движением). Согласно другому варианту выполнения, сопловая система неподвижно соединена с подвижным контактом и/или может двигаться вместе с подвижным контактом, и/или приводится  
10 в движение с помощью приводного блока, который приводит в движение подвижный контакт.

В вариантах выполнения выключатель 1 нагрузки содержит номинальные контакты, не изображенные на фигурах. Обычно номинальные контакты расположены радиально  
15 снаружи первого дугогасительного контакта 10 и второго дугогасительного контакта 20, в частности, также радиально снаружи сопла 30.

В вариантах выполнения выключатель 1 нагрузки имеет контроллер, в частности контроллер, имеющий сетевой интерфейс для соединения с сетью данных, так что выключатель 1 нагрузки функционально соединяется с интерфейсом сети по меньшей  
20 мере для: передачи информации о состоянии в сеть данных и выполнения команд, принимаемых из сети данных, в частности, сети данных, являющихся по меньшей мере: LAN, WAN или интернетом (IoT). В соответствии с этим, также раскрывается использование выключателя нагрузки, имеющего такой контроллер.

В вариантах выполнения выключатель 1 нагрузки, в частности сопловая система 30, предназначена для сохранения формы дозвукового потока во время всей операции  
25 выключения тока; и/или выключатель 1 нагрузки, в частности сопловая система 30, предназначена для сохранения формы дозвукового потока во время всех типов операций выключения тока; и/или выключатель 1 нагрузки, в частности сопловая система 30, предназначена для сохранения формы дозвукового потока внутри выключателя 1 нагрузки, в частности внутри сопловой системы 30 или внутри по меньшей мере одного  
30 сопла 33; и/или выключатель 1 нагрузки, в частности сопловая система 30, предназначена для предотвращения условий звукового потока в любой момент операции выключения тока и для каждой операции выключения тока, подлежащей выполнению с помощью выключателя 1 нагрузки (т.е. исключая прерывания ошибочных токов или токов короткого замыкания).

35 В вариантах выполнения сопловая система 30 содержит сопловой канал 32, соединяющий камеру 42 сжатия с соплом 33; в частности, при этом сопловой канал 32 расположен радиально снаружи первого или второго дугогасительного контакта, и/или сопловой канал 32 расположен в положении вне оси выключателя 1 нагрузки.

40 Как указывалось выше, выключатель 1 нагрузки не является автоматический выключателем, в частности, автоматическим выключателем для высоких напряжений свыше 52 кВ; и/или система 40 сжатия не имеет нагревательной камеры для обеспечения эффекта самовыдувания; и/или выключатель 1 нагрузки предназначен для расположения в комбинации с автоматическим выключателем, в частности, с вакуумным автоматическим выключателем.

45

### (57) Формула изобретения

1. Изолированный газом выключатель (1) нагрузки низкого или среднего напряжения, содержащий

- корпус (2), задающий объем корпуса для удерживания изолирующего газа при окружающем давлении  $p_0$ ;

- первый дугогасительный контакт (10) и второй дугогасительный контакт (20), расположенные внутри объема корпуса, при этом первый и второй дугогасительные контакты подвижны относительно друг друга вдоль оси выключателя (1) нагрузки и задают зону (52) гашения, в которой формируется дуга (50) во время операции выключения тока;

- систему (40) сжатия, имеющую камеру (42) сжатия, расположенную внутри объема корпуса для сжатия гасящего газа до давления гашения  $p_{\text{quench}}$  во время операции выключения тока, при этом давление гашения  $p_{\text{quench}}$  и окружающее давление  $p_0$  отвечают условию  $p_0 < p_{\text{quench}}$ ; и

- сопловую систему (30), расположенную внутри объема корпуса для выдувания сжатого газа гашения в форме дозвукового потока из камеры (42) сжатия на дугу (50), образованную в зоне (52) гашения во время операции выключения тока, при этом выключатель (1) нагрузки выполнен с возможностью сохранения формы дозвукового потока во время всех типов операций выключения тока,

- сопловая система (30) содержит по меньшей мере одно сопло (33), выполненное с возможностью выдувания гасящего газа из положения вне оси преимущественно радиально внутрь на зону (52) гашения, и

- изолирующий газ содержит фоновый газ, выбранный из группы, состоящей из  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , воздуха, в смеси с фторорганическим соединением, выбранным из группы, состоящей из фторэфира, оксирана, фторамина, фторкетона, фторолефина, фторнитрила, и их смесей и/или продуктов их разложения.

2. Выключатель (1) нагрузки по п. 1, имеющий номинальное напряжение максимально 52 кВ, предпочтительно максимально 36 кВ, более предпочтительно максимально 24 кВ, и наиболее предпочтительно максимально 12 кВ; и/или выключатель (1) нагрузки предназначен для выключения номинальных токов в диапазоне до 2000 А, предпочтительно до 1250 А и более предпочтительно до 1000 А.

3. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1 или 2, в котором выключатель (1) нагрузки является рубильником, или выключатель (1) нагрузки имеет один перемещаемый в осевом направлении контакт, в частности с сопловой системой (30), соединенной неподвижно с подвижным контактом и перемещаемой вместе с ним.

4. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-3, в котором выключатель (1) нагрузки, в частности сопловая система (30), выполнен(а) с возможностью сохранения формы дозвукового потока во время всей операции выключения тока; и/или

сопловая система (30) выполнена с возможностью сохранения формы дозвукового потока во время всех типов операций выключения тока; и/или

выключатель (1) нагрузки, в частности сопловая система (30), выполнен(а) с возможностью сохранения формы дозвукового потока внутри выключателя (1) нагрузки, в частности внутри сопловой системы (30) или внутри по меньшей мере одного сопла (33); и/или

выключатель (1) нагрузки, в частности сопловая система (30), выполнен(а) с возможностью предотвращения условий звукового потока в любой момент операции выключения тока и для каждой операции выключения тока, подлежащей выполнению с помощью выключателя (1) нагрузки.

5. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-4, в котором сопловая система (30) содержит сопловой канал (32), соединяющий камеру (42) сжатия с соплом (33); в

частности при этом сопловой канал (32) расположен радиально снаружи первого или второго дугогасительного контакта, и/или сопловой канал (32) расположен в положении вне оси выключателя (1) нагрузки.

5 6. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-5, выполненный с возможностью выключения токов нагрузки в распределительной сети, блоке замкнутой электрической сети (RMU) или вторичном распределительном изолированном газом выключательном оборудовании (GIS); и/или выключатель (1) нагрузки имеет способность выключения токов нагрузки, но не имеет способности прерывания токов короткого замыкания; в частности при этом выключатель (1) нагрузки содержит номинальные контакты.

10 7. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-6, в котором сопловая система (30) задает форму потока гасящего газа, при этом форма потока включает

- точку (64) полного торможения, в которой поток гасящего газа по существу останавливается,
- верхнюю по потоку зону (62) преимущественно радиально внутрь потока в направлении точки (64) полного торможения, и
- 15 - нижнюю по потоку зону (66) ускорения потока преимущественно в осевом направлении от точки (64) полного торможения.

8. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-7, в котором система (40) сжатия является буферной системой, и камера (42) сжатия является буферной камерой с поршнем (46), выполненным с возможностью сжатия гасящего газа внутри буферной камеры (42) во время операции выключения тока.

9. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-8, в котором по меньшей мере одно сопло (33) выполнено с возможностью выдувания гасящего газа из положения вне оси на зону (52) гашения с углом падения между  $45^\circ$  и  $120^\circ$ , предпочтительно между  $60^\circ$  и  $120^\circ$ , более предпочтительно между  $70^\circ$  и  $110^\circ$  и наиболее предпочтительно между  $75^\circ$  и  $105^\circ$  относительно направления оси.

10. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-9, в котором изолирующий газ имеет потенциал глобального потепления меньше, чем у  $\text{SF}_6$  в интервале 100 лет, и в котором изолирующий газ содержит по меньшей мере один газовый компонент, 30 выбранный из группы, состоящей из  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , воздуха,  $\text{N}_2\text{O}$ , углеводорода, в частности  $\text{CH}_4$ , перфторированного или частично гидрированного фторорганического соединения, и их смесей.

11. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-10, в котором система (40) сжатия 35 предназначена для сжатия гасящего газа во время операции выключения тока до давления гашения  $p_{\text{quench}}$ , удовлетворяющего по меньшей мере одному из следующих условий:

- i.  $p_{\text{quench}} < 1,8 \cdot p_0$ , более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < 1,5 \cdot p_0$ , более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < 1,3 \cdot p_0$ ;
- 40 ii.  $p_{\text{quench}} > 1,01 \cdot p_0$ , в частности,  $p_{\text{quench}} > 1,1 \cdot p_0$ ;
- iii.  $p_{\text{quench}} < p_0 + 800$  мбар, в частности,  $p_{\text{quench}} < p_0 + 500$  мбар, более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 300$  мбар и наиболее предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 100$  мбар;
- iv.  $p_{\text{quench}} > p_0 + 10$  бар.

45 12. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-11, имеющий номинальное напряжение по меньшей мере 1 кВ; и/или выключатель (1) нагрузки предназначен для токов больше 1 А, предпочтительно больше 100 А и более предпочтительно больше 400 А; и/или окружающее давление  $p_0$  в выключателе (1) нагрузки составляет  $p_0 \leq 3$

бар, предпочтительно  $p_0 \leq 1,5$  бар, более предпочтительно  $p_0 \leq 1,3$  бар.

13. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-12, в котором сопло (33) содержит изолирующую наружную часть сопла; и/или в котором выключатель (1) нагрузки имеет один или больше из следующих размеров:

- 5 - сопло (33) имеет диаметр в диапазоне от 5 мм до 15 мм;
- камера (42) сжатия имеет радиальный диаметр в диапазоне от 40 мм до 80 мм, и максимальную осевую длину в диапазоне от 40 мм до 200 мм;
- первый дугогасительный контакт (10) и второй дугогасительный контакт (20) имеют максимальное разделение контактов до 150 мм или до 110 мм и/или по меньшей мере 10 мм; и, в частности, имеют максимальное расстояние между контактами в диапазоне от 25 мм до 75 мм.

14. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-13, в котором первый дугогасительный контакт (10) и/или второй дугогасительный контакт (20) имеет/имеют соответствующую полую часть (26), расположенную так, что часть гасящего газа, выдуваемого на зону (52) гашения, проходит из зоны гашения в полую часть (26).

15. Выключатель (1) нагрузки по п. 14, в котором полая часть (26) имеет выход для обеспечения возможности выхода гасящего газа, входящего в полую часть (26), на выходной стороне полую часть (26) в зону окружающего давления объема корпуса выключателя (1) нагрузки.

16. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-15, в котором выключатель (1) нагрузки имеет контроллер, в частности контроллер, имеющий сетевой интерфейс для соединения с сетью данных, так что выключатель (1) нагрузки функционально соединяется с интерфейсом сети по меньшей мере для одного из следующего: передачи информации о состоянии в сеть данных и выполнения команд, принимаемых из сети данных, в частности сети данных, являющейся по меньшей мере одной из следующего: LAN, WAN или интернетом (IoT).

17. Выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-16, в котором выключатель (1) нагрузки не является автоматическим выключателем, в частности автоматическим выключателем для высоких напряжений свыше 52 кВ; и/или выключатель (1) нагрузки выполнен с возможностью расположения в комбинации с автоматическим выключателем, в частности с вакуумным автоматическим выключателем.

18. Распределительная сеть, имеющая выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-17, в частности выключатель (1) нагрузки, расположенный в комбинации с автоматическим выключателем, в частности с вакуумным автоматическим выключателем.

19. Блок замкнутой электрической сети, имеющий выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-17, в частности выключатель (1) нагрузки, расположенный в комбинации с автоматическим выключателем, в частности с вакуумным автоматическим выключателем.

20. Вторичное распределительное изолированное газом выключательное оборудование, имеющее выключатель (1) нагрузки по любому из пп. 1-17, в частности выключатель (1) нагрузки, расположенный в комбинации с автоматическим выключателем, в частности с вакуумным автоматическим выключателем.

21. Способ выключения тока нагрузки с использованием выключателя (1) нагрузки по любому из пп. 1-17, при этом способ содержит

- относительное перемещение первого дугогасительного контакта (10) и второго дугогасительного контакта (20) друг от друга вдоль оси (12) выключателя нагрузки, за счет чего образуется электрическая дуга (50) в зоне (52) гашения;

- сжатие гасящего газа до давления гашения  $p_{\text{quench}}$ , отвечающего условию  $p_0 < p_{\text{quench}}$ , где  $p_0$  является окружающим давлением внутри выключателя (1) нагрузки; и

- выдувание через сопловую систему (30) сжатого гасящего газа в форме дозвукового потока из камеры (42) сжатия на дугу (50), образованную в зоне (52) гашения, при этом форма дозвукового потока сохраняется во время всех типов операций выключения тока, за счет чего выдувание гасящего газа осуществляется из положения вне оси преимущественно радиально внутрь на зону гашения.

22. Способ по п. 21, в котором форма потока гасящего газа задается сопловой системой (30), при этом форма потока включает

- точку (64) полного торможения, в которой поток гасящего газа по существу останавливается,

- верхнюю по потоку зону (62) преимущественно радиально внутрь потока в направлении точки (64) полного торможения, и

- нижнюю по потоку зону (66) ускорения потока преимущественно в осевом направлении от точки (64) полного торможения.

23. Способ по любому из пп. 21 или 22, в котором гасящий газ сжимается во время операции выключения тока до давления гашения  $p_{\text{quench}}$ , удовлетворяющего по меньшей мере одному из следующих условий:

i.  $p_{\text{quench}} < 1,8 \cdot p_0$ , более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < 1,5 \cdot p_0$ , более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < 1,3 \cdot p_0$ ;

ii.  $p_{\text{quench}} > 1,01 \cdot p_0$ , в частности  $p_{\text{quench}} > 1,1 \cdot p_0$ ;

iii.  $p_{\text{quench}} < p_0 + 800$  мбар, в частности  $p_{\text{quench}} < p_0 + 500$  мбар, более предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 300$  мбар и наиболее предпочтительно  $p_{\text{quench}} < p_0 + 100$  мбар;

iv.  $p_{\text{quench}} > p_0 + 10$  бар.

24. Способ по любому из пп. 21-23, в котором форма дозвукового потока сохраняется во время всей операции выключения тока; и/или

форма дозвукового потока сохраняется внутри выключателя (1) нагрузки, в частности внутри сопловой системы (30) или внутри по меньшей мере одного сопла (33); и/или условия звукового потока предотвращаются в любой момент операции выключения тока и для каждой операции выключения тока, подлежащей выполнению с помощью выключателя (1) нагрузки.

25. Применение выключателя (1) нагрузки по любому из пп. 1-17 в распределительной сети.

26. Применение выключателя (1) нагрузки по любому из пп. 1-17 в блоке замкнутой электрической сети.

27. Применение выключателя (1) нагрузки по любому из пп. 1-17 во вторичном распределительном изолированном газом выключательном оборудовании.

28. Применение по любому из пп. 25-27 для выключения токов нагрузки в распределительной сети, блоке замкнутой электрической сети (RMU), или во вторичном распределительном изолированном газом выключательном оборудовании (GIS).

29. Применение по любому из пп. 25-28 для выключения токов нагрузки, но не для прерывания токов короткого замыкания.

30. Применение по любому из пп. 25-29, при этом выключатель (1) нагрузки расположен в комбинации с автоматическим выключателем, в частности в комбинации с вакуумным автоматическим выключателем.

31. Применение по любому из пп. 25-30, в котором выключатель (1) нагрузки имеет

контроллер, в частности контроллер, имеющий сетевой интерфейс для соединения с сетью данных, так что выключатель (1) нагрузки функционально соединен с интерфейсом сети по меньшей мере для одного из следующего: передачи информации о состоянии в сеть данных и выполнения команд, принимаемых из сети данных, в частности сети данных, являющейся по меньшей мере одной из следующего: LAN, WAN или интернетом (IoT).

10

15

20

25

30

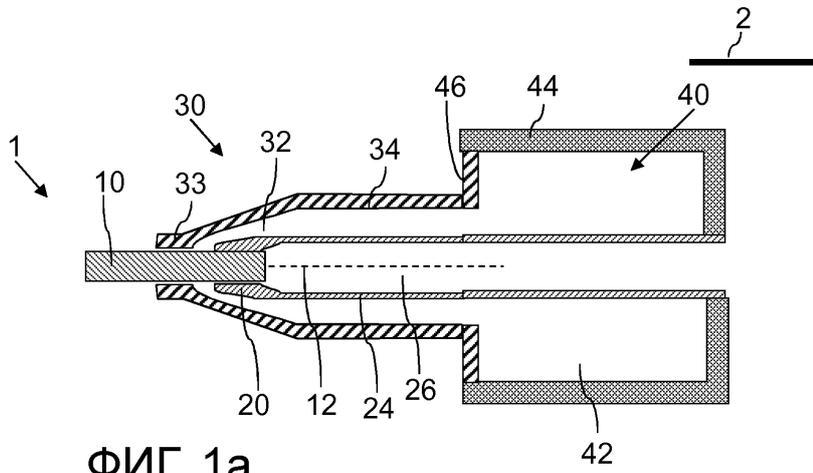
35

40

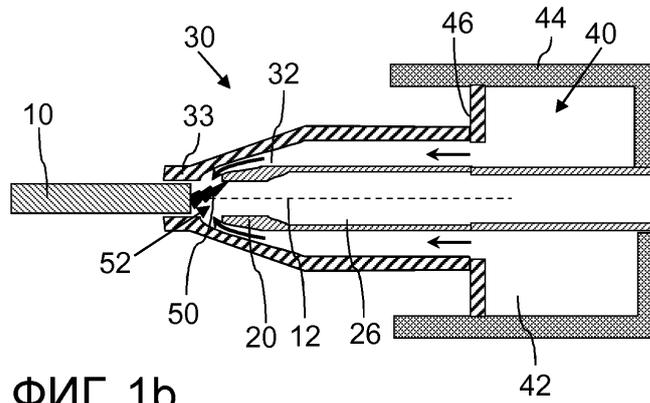
45

1

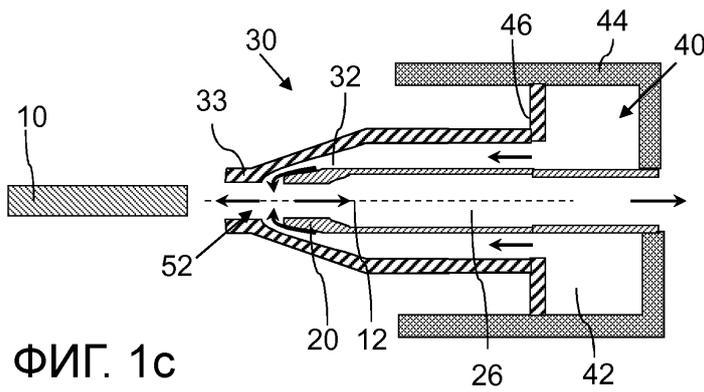
1/3



ФИГ. 1а



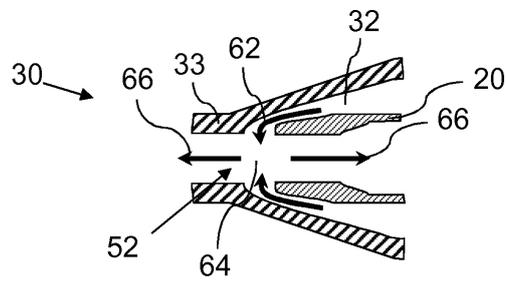
ФИГ. 1б



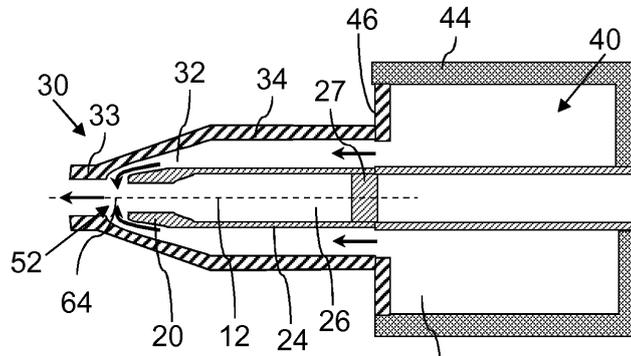
ФИГ. 1с

2

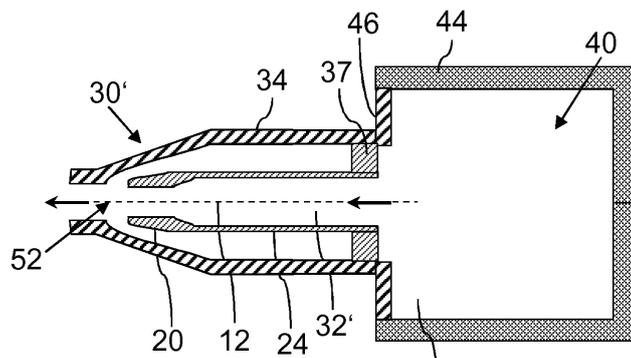
2/3



ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4

3/3

