



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01H 33/00 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2022134251, 23.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.12.2022

Дата регистрации:
29.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.12.2022

(45) Опубликовано: 29.01.2024 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3,
Институт сильноточной электроники СО РАН,
зам. директора по НР ИСЭ СО РАН,
Батракову А.В.

(72) Автор(ы):

Батраков Александр Владимирович (RU),
Лавринович Валерий Александрович (RU),
Попов Сергей Анатольевич (RU),
Шнайдер Антон Витальевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт сильноточной
электроники Сибирского отделения
Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 1410128 A1, 15.07.1988. US 3185797
A1, 25.05.1965. US 3014110 A1, 19.12.1961. RU
2233498 C2, 27.07.2004.

(54) Вакуумная дугогасительная камера

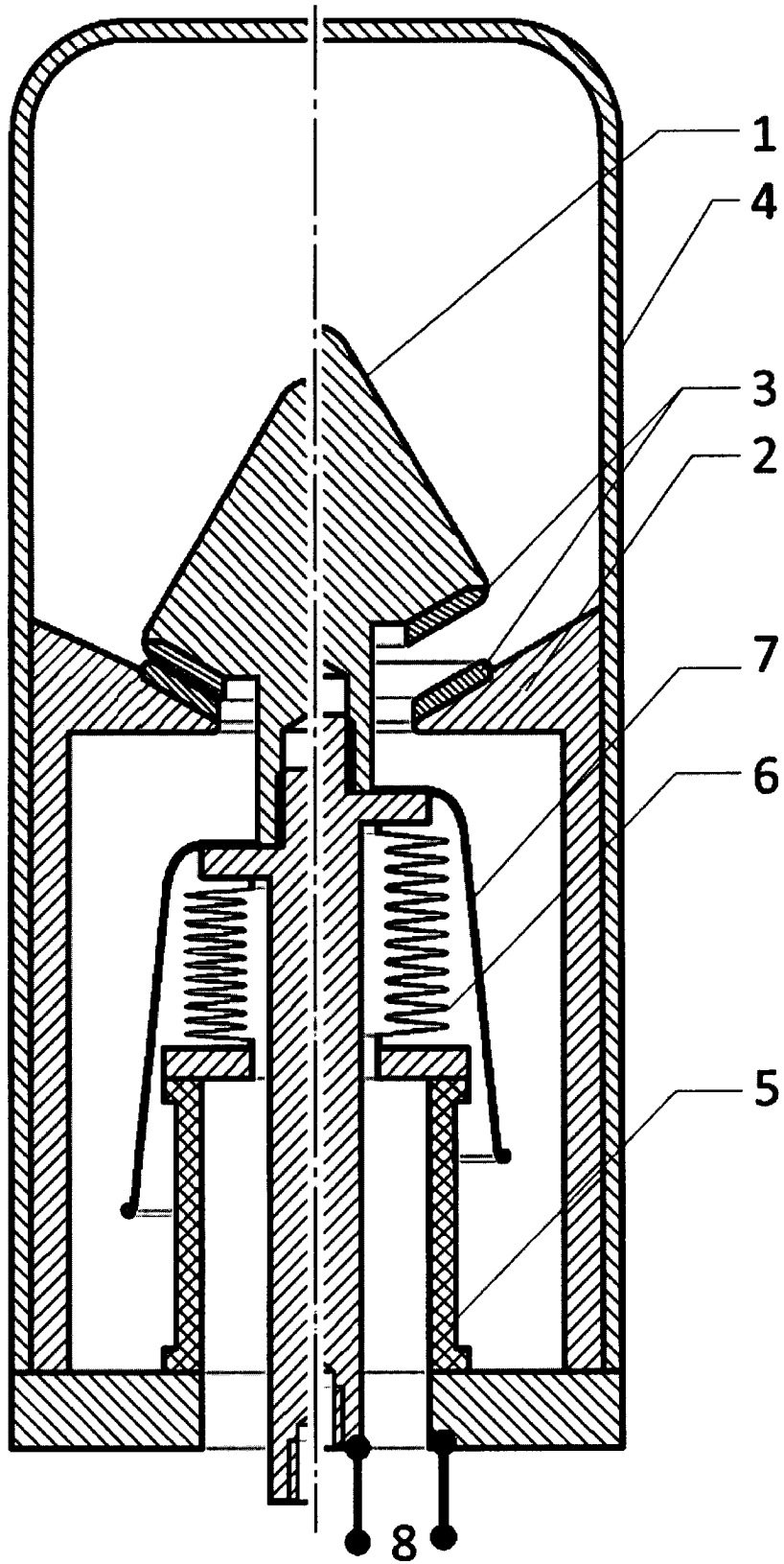
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам гашения электрической дуги. Технический результат заключается в обеспечении удаления плазмы и паров материала электродов из промежутка между разомкнутыми контактами. Вакуумная дугогасительная камера содержит контактную пару (1) и (2) с контактными поверхностями (3), в которой один из электродов является подвижным, вакуумированный герметичный корпус (4), электрический изолятор (5), конструктивный элемент для обеспечения перемещения (6), средства защиты конструктивных элементов от продуктов горения вакуумной дуги (7) и электрические соединения

(8) для подключения к электрической цепи, при этом электрические соединения (8) расположены на одном из торцов камеры. Такое расположение электрических контактов при протекании тока I (t) и зажигании вакуумной дуги вследствие разведения контактов в момент времени t_1 обеспечивает выталкивание токонесущей плазмы из области открытого контакта в полость, в которой расстояния между проводящими ток поверхностями превышают расстояние между контактными поверхностями электродов при максимальном удалении электродов друг от друга. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 812 274 C1

RU 2 812 274 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01H 33/00 (2023.05)

(21)(22) Application: **2022134251, 23.12.2022**

(24) Effective date for property rights:
23.12.2022

Registration date:
29.01.2024

Priority:

(22) Date of filing: **23.12.2022**

(45) Date of publication: **29.01.2024** Bull. № 4

Mail address:

**634055, g. Tomsk, pr. Akademicheskij, 2/3, Institut
silnotochnoj elektroniki SO RAN, zam. direktora
po NR ISE SO RAN, Batrakovu A.V.**

(72) Inventor(s):

**Batnikov Aleksandr Vladimirovich (RU),
Lavrinovich Valerij Aleksandrovich (RU),
Popov Sergej Anatolevich (RU),
Shnajder Anton Vitalevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
uchrezhdenie nauki Institut silnotochnoj
elektroniki Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj
akademii nauk (ISE SO RAN) (RU)**

(54) **VACUUM ARC EXTINGUISHING CHAMBER**

(57) Abstract:

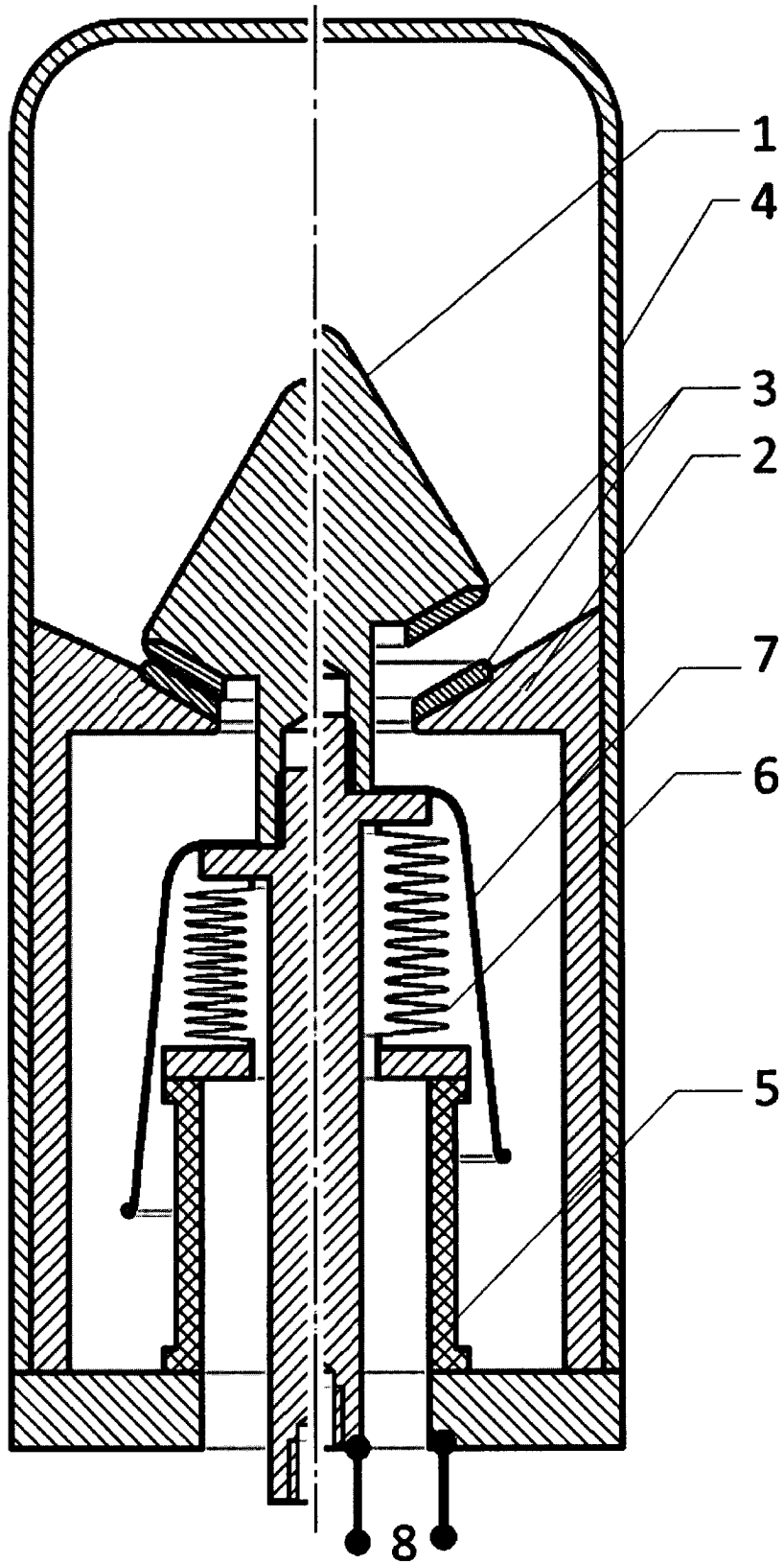
FIELD: devices for extinguishing an electric arc.

SUBSTANCE: vacuum arc-extinguishing chamber contains a contact pair (1) and (2) with contact surfaces (3), in which one of the electrodes is movable, an evacuated sealed housing (4), an electrical insulator (5), a structural element for ensuring movement (6), means for protecting structural elements from combustion products of a vacuum arc (7) and electrical connections (8) for connection to the electrical circuit, with the electrical connections (8) located at one of the ends of the chamber. This arrangement of electrical contacts when current $I(t)$ flows and a vacuum arc is ignited due

to the separation of the contacts at time t_1 ensures that the current-carrying plasma is pushed out of the open contact area into the cavity in which the distances between the current-conducting surfaces exceed the distance between the contact surfaces of the electrodes at the maximum distance of the electrodes from each other.

EFFECT: ensuring the removal of plasma and vapours of the electrode material from the gap between the open contacts.

2 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к электротехнике, а именно, к устройствам гашения электрической дуги и может быть использовано в коммутационной аппаратуре генерирующих и распределительных сетей среднего класса напряжений переменного тока, выполняющей функцию коммутации номинальных токов и защиты электрических цепей от аварийно сильных токов, в том числе токов короткого замыкания.

Вакуумные дугогасительные камеры получили широкое распространение в сетях переменного тока среднего класса напряжений промышленной частоты. В отличие от дугогасительных камер с жидкими и газообразными изолирующими средами, вакуумные дугогасительные камеры способны восстанавливать электроизоляционные характеристики в полной мере после выключения тока благодаря использованию вакуума в качестве изолирующей среды [1].

Известен один из ранних патентов на вакуумную дугогасительную камеру [2], конструкция которой является базовой и для современных устройств. Согласно [2] конструкция вакуумной дугогасительной камеры состоит из герметичного вакуумированного корпуса, внутри которого размещена контактная пара с двумя электродами, один из которых является подвижным. Для обеспечения перемещения подвижного электрода использован металлический сильфон, соединяющий подвижный электрод и корпус. Электроды крепятся к противоположным друг другу торцам. На каждом из торцов имеется электрическое соединение для подключения к электрической цепи. Область контакта окружена экраном для локализации продуктов горения дуги. Корпус выполнен частично диэлектрическим для обеспечения электрической изоляции между контактами в разомкнутом состоянии. Устройство работает следующим образом. В рабочем состоянии контакт замкнут и устройство обеспечивает протекание тока. При необходимости отключения тока подвижный электрод совершает рабочий ход на размыкание контакта. В результате размыкания зажигается электрическая дуга, которая горит, пока ток разряда превышает пороговое значение. Поскольку ток переменный, вблизи нуля тока происходит обрыв тока дуги и начинается восстановление электрической изоляции, сопровождаемое эскалацией переходного восстанавливающегося напряжения, превышающего номинальное напряжение сети. Выключение тока является успешным, если в условиях переходного восстанавливающегося напряжения не происходит электрического пробоя разомкнутого контактного промежутка. Успешность выключения тока зависит от концентрации остаточной плазмы (ионизованных паров) и нейтральных паров материала электродов, и чем ниже концентрация, тем выше электрическая прочность. В условиях переходного восстанавливающегося напряжения плазма быстро распадается за счет эмиссии электронов и ионов из плазмы в электрическом поле. Концентрация паров спадает медленнее, и именно концентрация паров материала электродов ограничивает отключающую способность вакуумных дугогасительных камер.

Одним из свойств сильноточного дугового разряда является его контрагирование в плазменный токопроводящий шнур, приводящий к росту плотности тока на анодном электроде и его локальному перегреву, формированию зоны расплава и интенсивному испарению. Высокая концентрация паров приводит к повышению падения напряжения на разрядном промежутке. В результате мощность, равная произведению тока на напряжение и выделяемая в разряде, растет и интенсифицирует нагрев электродов. В этой связи снижение температуры электродов в цикле горения электрической дуги является одной из главных задач для достижения цели повышения отключающей способности вакуумных дугогасительных камер.

Для снижения температуры электродов при горении дугового разряда и улучшения

отключающей способности вакуумных дугогасительных камер известны технические решения, заключающиеся в генерировании магнитного поля определенной конфигурации за счет протекания тока через тело электрода. Магнитное поле генерируется благодаря геометрии электродов, в которых сформированы прорезы для образования токовых витков. В зависимости от геометрии электродов, может формироваться либо радиальное, либо аксиальное магнитное поле.

Известен патент на вакуумную дугогасительную камеру [3], в которой в разомкнутом контактном промежутке генерируется радиальное магнитное поле. Радиальное магнитное поле воздействует на дугу таким образом, что дуга непрерывно перемещается по азимуту. Такое движение позволяет энергии, вкладываемой в электроды, распределяться более равномерно по телу электродов и снижать риск локального перегрева.

Известно изобретение на вакуумную дугогасительную камеру [4], в которой в разомкнутом контактном промежутке генерируется аксиальное магнитное поле. Аксиальное магнитное поле препятствует контрагированию дуги, в результате чего дуговой канал расширяется на всю контактную поверхность электродов, что также предотвращает локальный перегрев электродов.

Главный недостаток известных вакуумных дугогасительных камер - достижение физического предела выключающей способности вследствие того, что электроразрядные процессы локализованы в промежутке между разомкнутыми электродами в течение всего цикла горения дуги до момента нуля тока. В результате этого область максимальной концентрации паров материала электродов в фазе эскалации переходного восстанавливающегося напряжения сосредоточена в разомкнутом контактном промежутке. Поскольку именно там достигаются максимальные значения напряженности электрического поля, индуцированного переходным восстанавливающимся напряжением, повышенная концентрация паров является фактором, провоцирующим электрический пробой и повторное зажигание электрической дуги и, тем самым, создает предел выключающей способности вакуумных дугогасительных камер. Отключающая способность может быть повышена увеличением габаритов камеры или параллельным включением нескольких камер, но эти технические решения являются затратными.

Задачей изобретения является разработка вакуумной дугогасительной камеры с повышенной отключающей способностью без увеличения ее габаритов.

Техническим результатом является эффективное удаление плазмы и паров материала электродов из промежутка между разомкнутыми контактными поверхностями при горении электрической дуги.

Поставленная задача достигается тем, что в конструкции вакуумной дугогасительной камеры, содержащей контактную пару из двух электродов, один из которых является подвижным, вакуумированный герметичный корпус цилиндрической формы с двумя торцами, электрический изолятор и два электрических соединения для подключения к электрической цепи, согласно изобретению, электрические соединения размещены на одном из торцов корпуса камеры, обеспечивая при размыкании цепи и зажигании электрической дуги выталкивание плазмы из разомкнутого контактного промежутка в противоположную сторону.

Кроме того, в дугогасительной камере с торца противоположного торцу с электрическими соединениями, имеется полость для горения электрической дуги, габариты которой обеспечивают предотвращение контрагирования электрической дуги и все линейные размеры которой превышают длину рабочего хода подвижного

контакта.

В конструкции с расположением электрических соединений с одного торца камеры уменьшается площадь токового витка за счет близкого расположения проводников тока, и при том же значении тока достигается большее значение напряженности магнитного поля, следовательно, достигается большее значение силы ампера, выталкивающей дуговой разряд в сторону расширения размеров токового витка. В отличие от предшествующих известных конструкций, в защищаемом техническом решении дуговой разряд будет выталкиваться в полость противоположного торца вакуумной дугогасительной камеры, в котором отсутствуют электрические соединения, и привязываться к конструктивным поверхностям электродов за пределами контактных поверхностей. Габариты полости, в которую выталкивается дуговой разряд, должны превышать расстояние между контактными поверхностями, что снижает плотность тока на электродах и предотвращает их локальный перегрев и интенсивное испарение. В свою очередь, пониженная концентрация паров в разряде ожидаемо сопровождается пониженным напряжением горения дугового разряда и пропорциональным падению напряжения снижением выделяемой в дуговом разряде мощности. В результате, к моменту перехода тока через ноль контактный промежуток будет свободен от разрядных процессов, общее количество испаренного материала электродов будет меньше и максимальные концентрации паров будут локализованы за пределами контактного промежутка. Такой режим горения дугового разряда обеспечивает повышенную отключающую способность вакуумной дугогасительной камеры.

На фиг. 1. представлена конструкция макета вакуумной дугогасительной камеры, на которой проведены эксперименты, подтверждающие полученный технический результат.

На фиг. 2. приведены осциллограммы тока $I(t)$ и напряжения горения дуги в макете защищаемой конструкции $V_1(f)$ и в макете противопоставляемой конструкции (прототипа) $V_2(t)$.

Дугогасительная камера содержит контактную пару (1) и (2) с контактными поверхностями (3), в которой внутренний электрод является подвижным, вакуумированный герметичный корпус (4), электрический изолятор (5), сильфон для обеспечения перемещения (6), экран (7) для защиты конструктивных элементов от продуктов горения вакуумной дуги и электрические соединения (8) для подключения к электрической цепи. Коаксиальное исполнение электродов в данном макете не является обязательным для реализации технического решения, но является удобным, поскольку и электрические изоляторы, и сильфоны, выпускаемые серийно, как правило имеют цилиндрическую форму. Для сравнительных экспериментов был создан макет с конструкцией, в которой электроды крепятся и подключаются к электрической цепи на противоположных торцах вакуумной дугогасительной камеры и в качестве электродов использованы серийно выпускаемые электроды с радиальным магнитным полем. В обоих макетах площади контактных поверхностей были идентичны. Испытания обоих макетов проводились при импульсном токе дугового разряда амплитудой 15 кА, длительностью и формой импульса, приближенной к половине периода гармонического колебания частотой 50 Гц. Скорость перемещения подвижного контакта составляла 1 м/с. Осциллограммы тока $I(t)$ и напряжения горения дуги в макете защищаемой конструкции $V_1(t)$ и в макете противопоставляемой конструкции $V_2(t)$ представлены на фиг. 2. При протекании тока $I(t)$ и зажигании вакуумной дуги вследствие разведения контактов в момент времени t_1 в макетах обеих конструкций устанавливается падение

напряжение на разрядном промежутке порядка 20 В, что характерно для вакуумной дуги без анодного пятна. При дальнейшем росте тока $I(t)$ на осциллограммах $V_1(t)$ и $V_2(t)$ наблюдается рост напряжения до значений, характерных для дуги с анодным пятном. В момент времени t_2 напряжение на осциллограмме $V_1(t)$ резко падает до уровня падения напряжения на вакуумной дуге без анодного пятна, дальнейший рост тока $I(t)$ не сопровождается повторным ростом напряжения $V_1(t)$ и разряд горит при пониженном напряжении, тогда как на осциллограмме $V_2(t)$ напряжение остается высоким, характерным для дуги с анодным пятном, и продолжает свой рост с ростом тока. Для дополнительного подтверждения факта погасания анодного пятна в момент времени в макете защищаемой конструкции вакуумной дугогасительной камеры, контактная группа с изолятором и сильфоном была расположена в вакуумной камере, обеспечивающей наблюдение со стороны торца, противоположному торцу с электрическими соединениями. Наблюдения проводились с использованием скоростной камеры, синхронизированной с осциллограммой тока $I(t)$. Наблюдения подтвердили, что в момент времени t_2 разряд выходит за пределы разомкнутого контактного промежутка и это сопровождается погасанием анодного пятна. Дальнейший рост тока $I(t)$ не сопровождается повторным зажиганием анодного пятна.

Вышеизложенные сведения свидетельствуют о выполнении при использовании данного изобретения следующей совокупности условий, необходимых и достаточных для достижения поставленной задачи:

- без увеличения габаритов вакуумной дугогасительной камеры обеспечивается режим горения дугового разряда без анодного пятна;

- без увеличения габаритов вакуумной дугогасительной камеры обеспечивается режим горения дугового разряда за пределами разомкнутого контактного промежутка в полости, размеры которой превышают расстояние между.

Используемая литература:

1. Slade P.G. The Vacuum Interrupter: Theory, Design, and Application / P.G. Slade.- CRC Press, 2020.- 666 с.

2. Пат. US3014110А США, МПК H01H 1/0203. Alternating current vacuum circuit interrupter / J.D. Cobine; заявитель и патентообладатель «General Electric Co.» - заявка №US849509А; заявл. 29.10.1959.

3. Пат. US3185797А США, МПК H01H 33/664. Vacuum-type circuit interrupter with improved arc splitting means / J.W. Porter; заявитель и патентообладатель «General Electric Co.» - заявка №US210416А; заявл. 17.07.1962.

4. Автор. свид. SU1410128А1 СССР, МПК H01H 33/664. Вакуумная дугогасительная камера / А.А. Перцев; заявитель и патентообладатель «Всесоюзный электротехнический институт им. В.И. Ленина» - заявка №4165384/24-07; заявл. 22.12.1986.

(57) Формула изобретения

1. Вакуумная дугогасительная камера, содержащая контактную пару из двух электродов, один из которых является подвижным, вакуумированный герметичный корпус цилиндрической формы с двумя торцами, электрический изолятор, два электрических соединения для подключения к электрической цепи отличающаяся тем, что электрические соединения размещены на одном из торцов корпуса камеры с возможностью при размыкании цепи и зажигании электрической дуги выталкивания плазмы из разомкнутого контактного промежутка в полость для горения электрической дуги, все линейные размеры которой превышают длину рабочего хода подвижного

контакта.

2. Вакуумная дугогасительная камера по п. 1, отличающаяся тем, что полость для горения электрической дуги расположена в камере на торце, противоположном торцу с электрическими соединениями.

5

10

15

20

25

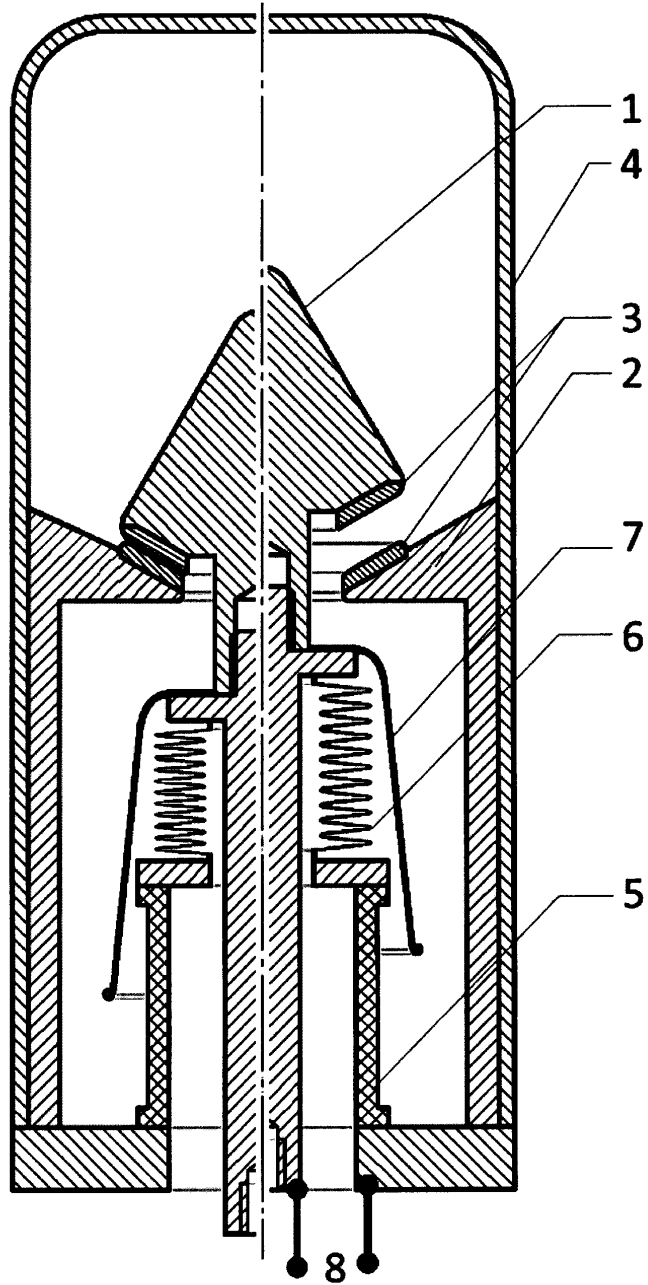
30

35

40

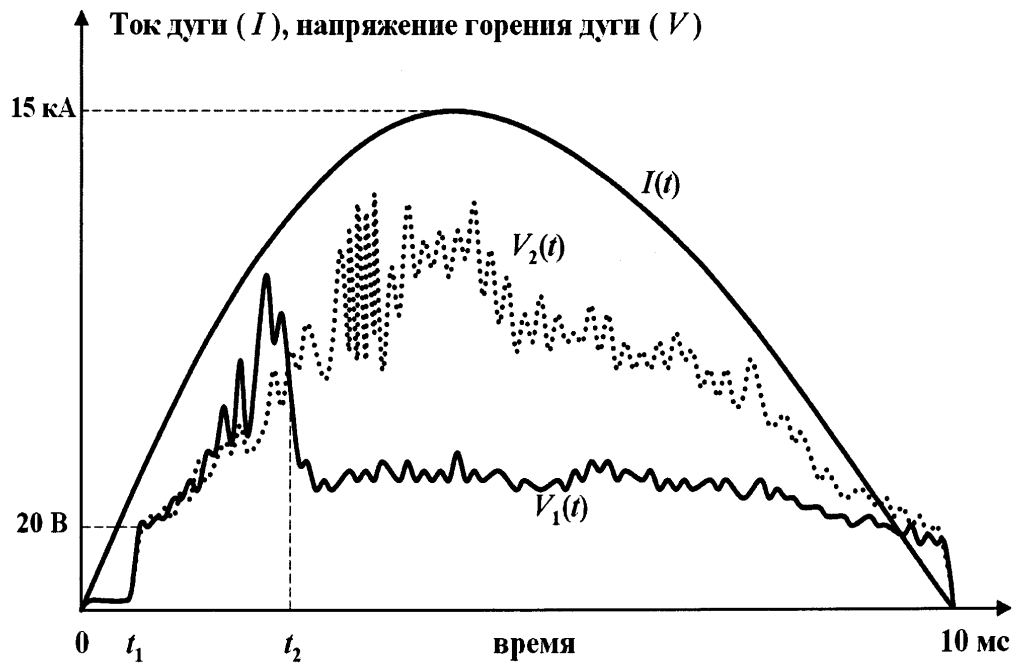
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2