



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H03K 3/53 (2006.01); H03K 3/537 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017115164, 27.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.04.2017

Дата регистрации:
06.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.04.2017

(45) Опубликовано: 06.07.2018 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3,
Институт сильноточной электроники СО РАН,
Зам. директора по НР ИСЭ СО РАН
Турчановскому И.Ю.

(72) Автор(ы):

Лавринович Иван Валериевич (RU),
Важов Владислав Фёдорович (RU),
Лавринович Валерий Александрович (RU),
Ратахин Николай Александрович (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: RU 2402873 C1, 27.10.2010. RU
2089042 C1, 27.08.1997. RU 2363653 C1,
10.08.2009. SU 790163 A1, 23.12.1980. RU
2340081 C1, 27.11.2008. JP 10057832 A,
03.03.1998. JP 1032274 A, 02.02.1989.

(54) Высоковольтный импульсный генератор для электроразрядных технологий

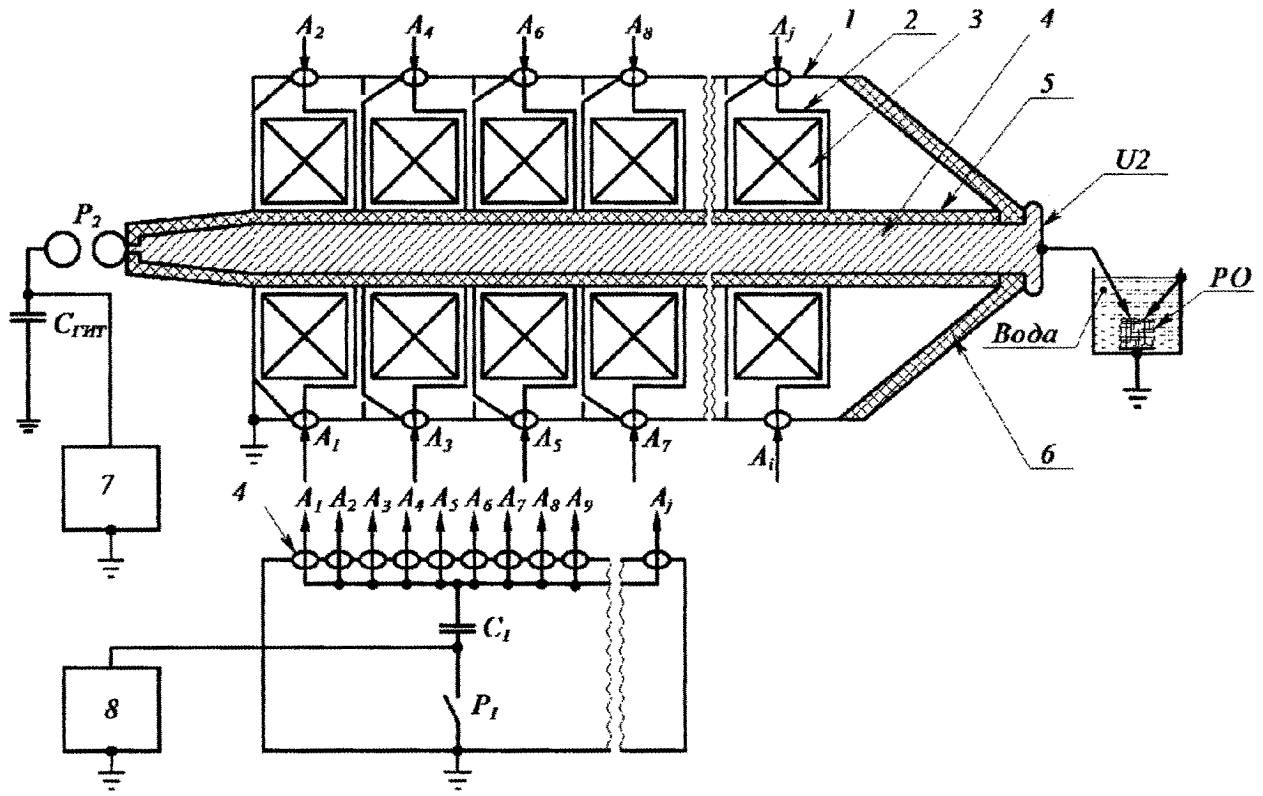
(57) Реферат:

Изобретение относится к импульсной технике и может быть использовано для разрушения объектов электроимпульсным способом. Технический результат - повышение эффективности выделения энергии в канале разряда в разрушаемом объекте. Высоковольтный импульсный генератор содержит высоковольтный электрод, подведенный к разрушаемому объекту и подключенный к высоковольтному выводу вторичной обмотки линейного импульсного трансформатора (ЛИТ), емкостный накопитель C_1 , подключенный через коммутаторы к первичным обмоткам ЛИТ, зарядное устройство,

заряжающее емкостный накопитель C_1 , искровой разрядник с импульсным конденсатором $C_{ГИТ}$, заряжаемым от отдельного зарядного устройства, при этом сердечник ЛИТ выполнен с сечением, позволяющим находиться сердечнику в ненасыщенном состоянии до электрического пробоя разрушаемого объекта и переходить в насыщенное состояние после пробоя разрушаемого объекта. За счет применения дополнительного импульсного конденсатора $C_{ГИТ}$ и насыщения сердечника ЛИТ после пробоя разрушаемого объекта во много раз увеличивается ток в канале разряда. 1 ил.

RU 2 660 597 C1

RU 2 660 597 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H03K 3/53 (2006.01); H03K 3/537 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017115164, 27.04.2017**

(24) Effective date for property rights:
27.04.2017

Registration date:
06.07.2018

Priority:

(22) Date of filing: **27.04.2017**

(45) Date of publication: **06.07.2018** Bull. № 19

Mail address:

634055, g. Tomsk, pr. Akademicheskij, 2/3, Institut silnotochnoj elektroniki SO RAN, Zam. direktora po NR ISE SO RAN Turchanovskomu I.YU.

(72) Inventor(s):

**Lavrinovich Ivan Valerievich (RU),
Vazhov Vladislav Fedorovich (RU),
Lavrinovich Valerij Aleksandrovich (RU),
Ratakhin Nikolaj Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **HIGH-VOLTAGE PULSE GENERATOR FOR ELECTRIC DISCHARGE TECHNOLOGIES**

(57) Abstract:

FIELD: pulse engineering.

SUBSTANCE: invention relates to a pulse technique and can be used to destroy objects by an electric pulse method. High-voltage pulse generator contains a high-voltage electrode connected to the destroyed object and connected to the high-voltage terminal of the secondary winding of a linear pulse transformer (LPT), capacitive storage C_1 , connected via switches to the primary LPT coils, charger, charging capacitive storage C_1 , spark arrester with impulse capacitor C_{GIT} , recharged from a separate charger, herewith the LPT core is made with

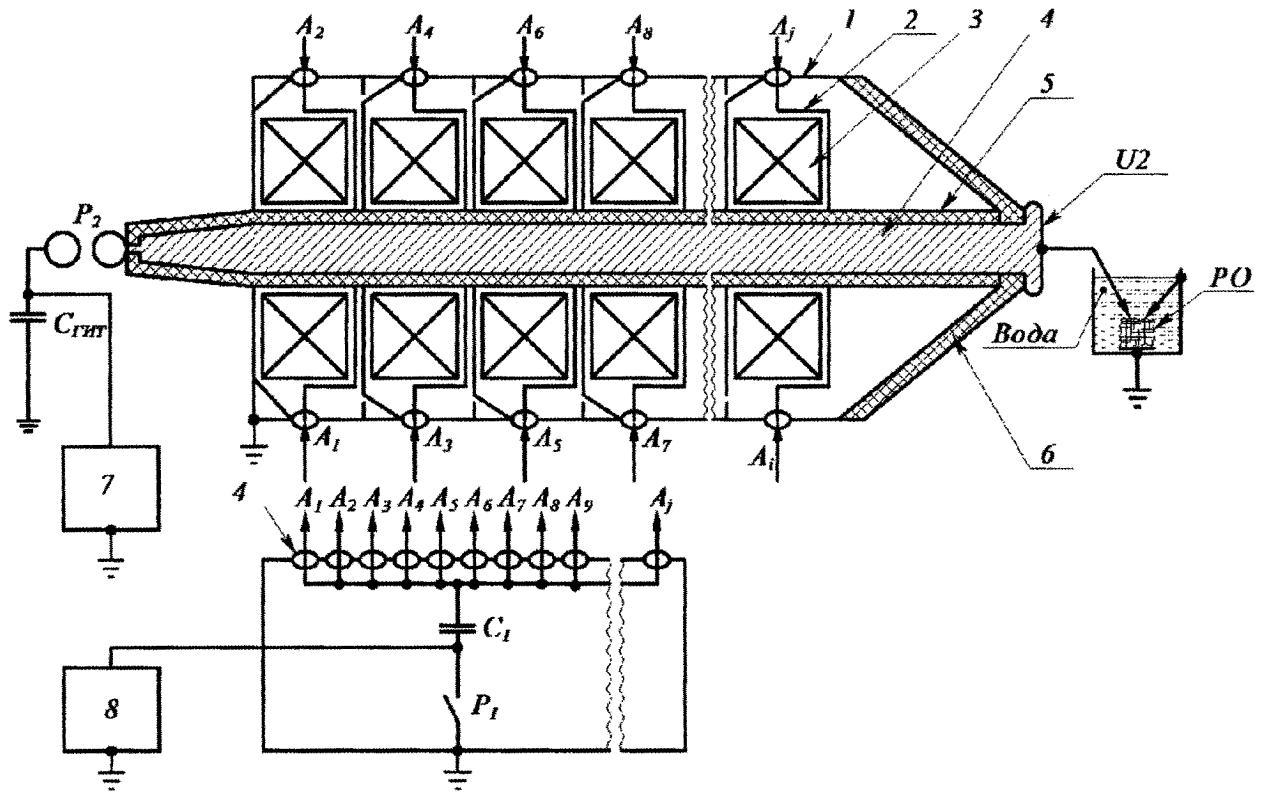
a section allowing the core to be in an unsaturated state before the electrical breakdown of the destroyed object and proceed to a saturated state after the breakdown of the destroyed object. Due to the use of an additional pulse capacitor C_{GIT} and saturation of the LPT core after the breakdown of the destroyed object, the current in the discharge channel increases in many times.

EFFECT: technical result is an improvement in the efficiency of energy release in the discharge channel in the destroyed object.

1 cl, 1 dwg

RU 2 660 597 C 1

RU 2 660 597 C 1



Фиг. 1

Изобретение относится к импульсной технике и может быть использовано для разрушения горных пород и искусственных диэлектрических материалов электроимпульсным способом, например для бурения скважин, резания горных пород, дробления, утилизации некондиционных бетонных и железобетонных изделий.

5 Разрушение осуществляется электроимпульсным способом, т.е. мощными искровыми разрядами в объеме твердого тела, находящегося в жидкой среде при времени воздействия напряжения менее 10^{-6} с [1]. Использование в качестве разрушающего инструмента искрового разряда накладывает жесткие требования к параметрам импульсных генераторов. Основные из них: способность работать практически на короткое замыкание после пробоя рабочего промежутка, когда сопротивление канала искры уменьшается до десятых долей ома за время сотни наносекунд, обеспечивая ток в разряде десятки килоампер и напряжение до пробоя, прикладываемое к нагрузке, 500 кВ и более. Причем крутизна фронта импульса должна быть не менее 500 кВ/мкс.

10 Известен высоковольтный импульсный генератор [2], содержащий конденсатор, искровой разрядник, импульсный трансформатор, нелинейную обостряющую линию. Формирование импульса напряжения происходит при разряде конденсатора через искровой разрядник на первичную обмотку трансформатора, к вторичной обмотке которого подключена нагрузка, а обострение импульса осуществляется нелинейной линией на основе ферритовых сердечников, которые являются и сердечником трансформатора. Данный генератор на основе импульсного трансформатора обладает повышенной индуктивностью рассеяния, индуктивностью монтажа и повышенным волновым сопротивлением.

15 Известен высоковольтный импульсный генератор [3], содержащий источник высокого напряжения, включающий генератор импульсных напряжений (ГИН), генератор импульсных токов (ГИТ). Уровень напряжения ГИН U_1 по сравнению с уровнем напряжения ГИТ U_2 находится в соотношении $U_1 \gg U_2$, а энергии, запасаемые ГИН W_1 и ГИТ W_2 , - в соотношении $W_1 \ll W_2$. В данном высоковольтном генераторе принцип параллельного включения ГИН и ГИТ на общую нагрузку, на разрушаемый объект (РО) состоит в следующем. Сначала ГИН формирует импульс высокого напряжения на нагрузке, который приводит к ее электрическому пробую. После пробоя нагрузки ток от ГИТ через нелинейный разделительный дроссель протекает в нагрузку.

20 Основной недостаток подобного устройства заключается в том, что нелинейный разделительный дроссель ограничивает возможность быстрого ввода энергии в нагрузку, т.к. события пробоя нагрузки, насыщения нелинейного разделительного дросселя и ввода энергии ГИТ в нагрузку происходят последовательно.

25 Известен высоковольтный импульсный генератор [4] для электроразрядных технологий, содержащий многоканальный искровой разрядник, емкостной накопитель и импульсный трансформатор, соединенные последовательно. Каждый искровой промежуток многоканального искрового разрядника снабжен управляющим электродом, соединенным через резистор с заземленным электродом и через конденсатор и кабель с анодом дополнительного стартового разрядника.

30 Недостатками данного устройства является наличие многоканального искрового разрядника, для управления которым требуется введение дополнительных элементов: стартового разрядника и анодного делителя тока, что значительно усложняет схемное и конструктивное исполнение генератора и уменьшает надежность его работы.

35 В качестве прототипа выбран высоковольтный импульсный генератор на основе линейного импульсного трансформатора (ЛИТ), способного формировать на емкостной

нагрузке напряжение сотни киловольт, в первичном емкостном накопителе которого может запасаться энергия до 10^5 Дж [5]. Генератор состоит из первичного емкостного накопителя энергии и ЛИТ. Первичная обмотка трансформатора, рассчитанная на относительно низкое напряжение, содержит двенадцать секций, состоящих из одиночных витков, каждый из которых охватывает отдельный ферромагнитный сердечник. Каждый виток подключается к отдельному предварительно заряженному конденсатору посредством кабельных линий через управляемые синхронно работающие искровые разрядники. Вторичная обмотка состоит из одного центрального металлического стержня в виде трубы, изолированного на полное напряжение от первичной обмотки.

Недостатками прототипа являются:

- большое количество искровых разрядников в цепи первичной обмотки, которые должны синхронно срабатывать, для генерации напряжения на вторичной обмотке ЛИТ, что существенно снижает надежность схемы;
- большое внутреннее сопротивление ЛИТ, которое ограничивает ток разряда при пробое разрушаемого объекта и снижает эффективность использования энергии первичного накопителя.

Задачей изобретения является увеличение эффективности разрушения разрушаемого объекта электроимпульсным методом и увеличение надежности работы заявляемого устройства при простом техническом исполнении.

Технический результат изобретения заключается в том, что при осуществлении пробоя разрушаемого объекта используется высокое (сотни киловольт) импульсное напряжение на выходе ЛИТ при малой запасенной энергии в первичном накопителе, а в процессе пробоя последовательно к вторичной обмотке ЛИТ подключается импульсный конденсатор с большой запасенной энергией, которая выделяется в канале разряда в объекте разрушения и увеличивает объем разрушения (увеличивается эффективность разрушения). При этом происходит насыщение сердечников ЛИТ после пробоя разрушаемого объекта, что во много раз увеличивает ток в канале разряда и повышает эффективность выделения энергии в канале разряда в разрушаемом объекте.

Указанный технический результат достигается тем, что, как и в прототипе, в первичном контуре ЛИТ соединены последовательно коммутатор и емкостный накопитель, но вместо множества управляемых искровых разрядников, которые должны срабатывать одновременно, используется один коммутатор, т.к. через него на первичную обмотку ЛИТ разряжается емкостный накопитель с малой запасенной энергией, которая достаточна только для пробоя и формирования предварительного канала разряда в разрушаемом объекте, что значительно уменьшает потери энергии в первичном контуре ЛИТ и повышает коэффициент полезного действия устройства. Этой энергии недостаточно для эффективного разрушения разрушаемого объекта, поэтому к вторичной обмотке ЛИТ через искровой разрядник подключен дополнительный импульсный конденсатор ($C_{ГИТ}$), являющийся генератором импульсных токов (ГИТ), который заряжается от отдельного устройства. ГИТ создает в цепи разряда большой ток, после насыщения сердечников ЛИТ, сечение которых позволяет находиться им в ненасыщенном состоянии до пробоя разрушаемого объекта и переходить в насыщенное после пробоя разрушаемого объекта, что приводит к резкому сокращению электрического сопротивления в цепи разряда вторичного контура. В результате возрастает ток в канале разряда в разрушаемом объекте, что существенно увеличивает эффективность его разрушения. При этом емкостный накопитель C_1 в первичном контуре ЛИТ подключен к цепи разряда при помощи одного коммутатора P_1 .

Целесообразно первичную обмотку ЛИТ выполнять из нескольких первичных витков, каждый из которых расположен на отдельном ферромагнитном сердечнике.

Изобретение поясняется фиг.1, где приведено устройство линейного трансформатора с дополнительным импульсным конденсатором $C_{ГИТ}$.

5 Линейный импульсный трансформатор (ЛИТ) размещен в металлическом корпусе 1 и содержит несколько первичных витков 2, охватывающих отдельные ферромагнитные сердечники 3, которые индуктивно связаны с одним витком 4 вторичной обмотки. Между первичной 2 и вторичной 4 обмотками расположена изоляция 5. Высоковольтный конец вторичной обмотки 4 изолирован от корпуса 1 высоковольтным проходным
10 изолятором 6 и подключен к разрушаемому объекту (РО). К низковольтному концу вторичной обмотки 4 через искровой разрядник P_2 присоединен дополнительный импульсный конденсатор $C_{ГИТ}$, который заряжается от отдельного зарядного устройства 7 до требуемого напряжения. Отдельные витки первичной обмотки 2
15 питаются от емкостного накопителя C_1 по коаксиальным кабелям A_1, \dots, A_{10} при срабатывании коммутатора P_1 , в качестве которого может быть псевдоискровой разрядник или тиратрон. Емкостный накопитель C_1 заряжается от отдельного зарядного устройства 8 до требуемого напряжения.

20 Работа ЛИТ совместно с $C_{ГИТ}$ заключается в следующем. Емкостный накопитель C_1 заряжается от зарядного устройства 8 до требуемого напряжения. Одновременно происходит зарядка дополнительного импульсного конденсатора $C_{ГИТ}$ от зарядного устройства 7 до требуемого напряжения. Первым срабатывает коммутатор P_1 и емкостный накопитель C_1 разряжается на первичные витки 2 первичной обмотки ЛИТ
25 по цепи C_1 - P_1 -кабели A_1, \dots, A_j - первичные витки 2. Напряжение на вторичной обмотке ЛИТ 4 за счет магнитной индукции суммируется в зависимости от количества отдельных витков 2 в первичной обмотке. Напряжение во вторичной обмотке 4 складывается с напряжением заряженного дополнительного импульсного конденсатора $C_{ГИТ}$ в
30 разрядном контуре $C_{ГИТ}$ - P_2 -виток вторичной обмотки 4-нагрузка РО и вызывает пробой искрового разрядника P_2 . Суммарное напряжение прикладывается к разрушаемому объекту РО. При этом ток разряда дополнительного импульсного конденсатора $C_{ГИТ}$ мал, ввиду большого индуктивного сопротивления вторичной обмотки 4 ЛИТ и большого сопротивления нагрузки РО. В результате быстрого
35 увеличения напряжения в цепи разряда во вторичной обмотке 4 происходит пробой рабочего искрового промежутка в РО. Возникает канал разряда и сопротивление разрядной цепи вторичной обмотки 4 резко уменьшается. Ток разряда от $C_{ГИТ}$ резко увеличивается, в результате насыщения сердечников 3 первичной обмотки, сечение которых позволяет находиться им в ненасыщенном состоянии до пробоя разрушаемого
40 объекта и переходить в насыщенное после пробоя разрушаемого объекта, что вызывает еще большее уменьшение сопротивления разрядной цепи вторичной обмотки. В результате энергия, запасенная в $C_{ГИТ}$ и C_1 , эффективно выделяется в канале разряда в нагрузке РО с высоким КПД.

45 В отличие от прототипа, который содержит 12 искровых промежутков, что уменьшает надежность его работы, в предлагаемом устройстве требуется два разрядника, из которых один P_2 подключает к цепи разряда генератор импульсных токов $C_{ГИТ}$, который отсутствует в прототипе.

Уменьшение количества разрядников в устройстве и подключение генератора импульсных токов $C_{ГИТ}$ в заявляемом устройстве повышает эффективность выделения энергии в канале разряда в РО и увеличивает эффективность (объем) его разрушения.

5 Уменьшение количества конденсаторов с большой, запасаемой энергией на один конденсатор с малой запасаемой энергией в первичном контуре и, как следствие, уменьшение количества коммутаторов значительно упрощает техническое исполнение и увеличивает надежность работы заявляемого устройства.

Источники информации

10 1. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1905. - 267 с.

2. Кривоносенко А.В., Семкин Б.В. Генератор высоковольтных импульсов. ПТЭ, 1982, №6, С. 73-75.

3. Пельцман С.С., Семкин Б.В., Шубин Б.Г., Чешков Ф.П. Схема параллельной работы двух импульсных источников с различным уровнем напряжения. - В кн.: 15 Электрофизическая аппаратура и электрическая изоляция (с.71-75) / Сборник докладов Межвузовской научно-технической конференции по вопросам создания и методам испытания высоковольтной электрофизической аппаратуры. Томск, 1967. - М.: Изд. Энергия, 1970, 668 С.

4. Патент RU №2402873 C1, бюл. №30, 2010.

20 5. Ельчанинов А.С., Месяц Г.А. Трансформаторные схемы питания мощных наносекундных импульсных генераторов. // Физика и техника мощных импульсных систем: Сб. статей / Под ред. академика Е.П. Велихова. М.: Энергоатомиздат, 1987. - С. 179-188.

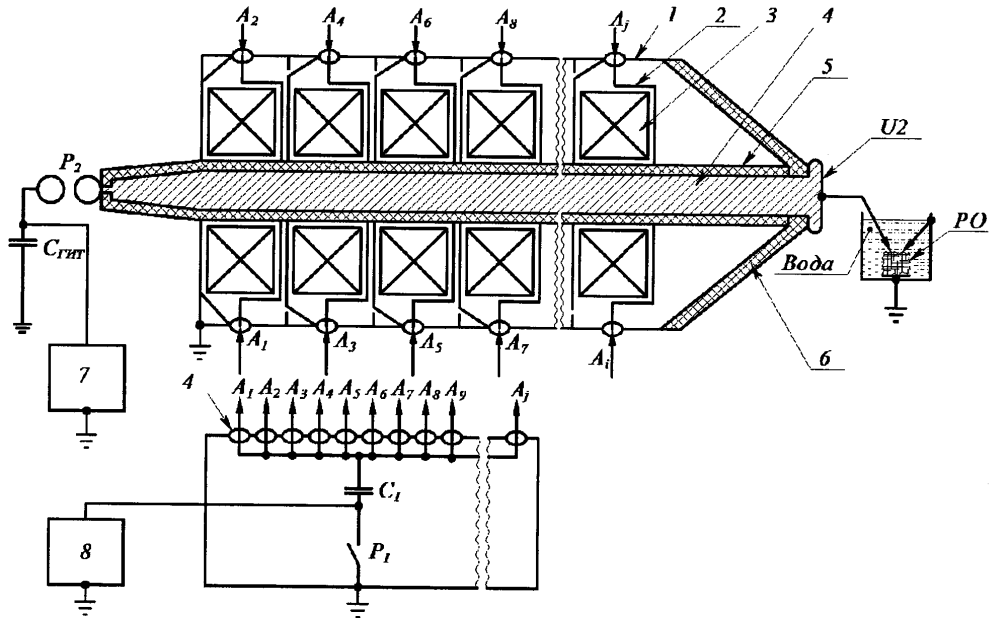
25 (57) Формула изобретения

Высоковольтный импульсный генератор для электроразрядных технологий, содержащий высоковольтный электрод, подведенный к разрушаемому объекту и подключенный к высоковольтному выводу вторичной обмотки линейного импульсного трансформатора, емкостной накопитель, подключенный через коммутаторы к 30 первичным обмоткам трансформатора, зарядное устройство, заряжающее емкостной накопитель, отличающийся тем, что низковольтный вывод вторичной обмотки трансформатора соединен через искровой разрядник с дополнительно введенным импульсным конденсатором, заряжаемым от отдельного зарядного устройства, а сердечник трансформатора выполнен с сечением, позволяющим находиться сердечнику 35 в ненасыщенном состоянии до электрического пробоя разрушаемого объекта и переходить в насыщенное состояние после пробоя разрушаемого объекта, при этом подключение емкостного накопителя к цепи разряда выполнено при помощи одного коммутатора.

40

45

Высоковольтный импульсный генератор для электроразрядных технологий



Фиг. 1.