



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2012132733/08, 31.07.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**31.07.2012**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **31.07.2012**(45) Опубликовано: **10.12.2013** Бюл. № 34(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **RU 2422983 C2, 27.06.2011. RU 2317637 C1,  
20.02.2008. RU 2410835 C1, 27.01.2011. RU  
2199818 C2, 27.02.2003. US 20060192499 A1,  
31.08.2006.**

Адрес для переписки:

**456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, а/я 245, ФГУП "РФЯЦ-  
ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина",  
отдел интеллектуальной собственности, Г.В.  
Бакалову**

(72) Автор(ы):

**Протас Роман Викторович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное унитарное  
предприятие "РОССИЙСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР-  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)**

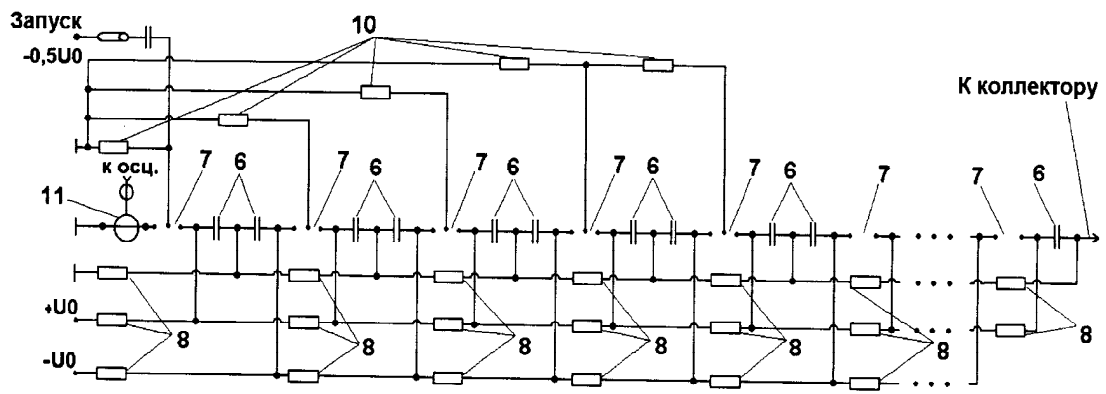
**(54) СПОСОБ СИНХРОНИЗАЦИИ МНОГОМОДУЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ  
НАПРЯЖЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к импульсной высоковольтной технике, предназначено для получения импульсов напряжения до нескольких мегавольт и может быть использовано в составе электрофизических установок, в частности в мощных импульсных ускорителях электронов прямого действия. Достижимый технический результат - повышение надежности синхронного

срабатывания модулей при их параллельной работе. Способ синхронизации многомодульного генератора импульсов напряжения включает высоковольтный запуск разрядников, подачу давления в разрядники, использование управляемых разрядников, при этом часть разрядников являются управляемыми и в разрядниках каждого модуля используется индивидуальное давление. 5 ил.

RU 2501158 C1



Фиг. 2

RU 2501158 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012132733/08, 31.07.2012

(24) Effective date for property rights:  
31.07.2012

Priority:

(22) Date of filing: 31.07.2012

(45) Date of publication: 10.12.2013 Bull. 34

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasil'eva, 13, a/ja 245, FGUP "RFJaTs-VNIITF  
im. akadem. E.I. Zababakhina", otdel  
intellektual'noj sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

**Protas Roman Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatie "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ  
JaDERNYJ TsENTR-VSEROSSIJSKIJ  
NAUChNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT  
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI AKADEMIKA  
E.I. ZABABAKhINA" (RU)**

(54) **METHOD FOR SYNCHRONISATION OF MULTIMODULE VOLTAGE PULSE GENERATOR**

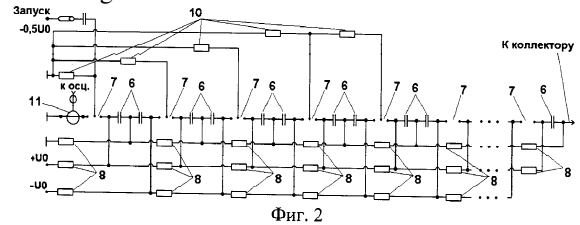
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: method for synchronisation of multimodule voltage pulse generator includes high-voltage start of discharge arresters, pressure feed to discharge arresters, use of controllable discharge arresters; at that part of discharge arresters is controllable and individual pressure is used in discharge arresters of each module.

EFFECT: increasing reliability of modules synchronous actuation at their running in parallel.

5 dwg



RU 2 501 158 C1

RU 2 501 158 C1

Изобретение относится к импульсной высоковольтной технике, предназначено для получения импульсов напряжения до нескольких мегавольт и может быть использовано в составе электрофизических установок, в частности в мощных импульсных ускорителях электронов прямого действия.

5 Известен способ синхронизации многомодульного генератора импульсов напряжения, включающий высоковольтный запуск разрядников модулей, подачу в разрядники модулей давления, использование управляемых разрядников. Синхронизация срабатывания модулей (собранных по схеме Аркадьева-Маркса) 10 обеспечивается подачей на пусковые электроды первых шести разрядников каждого модуля сигнала амплитудой 550 кВ и фронтом 80 нс. Высоковольтные импульсы генерируются девятью пусковыми генераторами, каждый из которых запускает четыре модуля. При этом во всех разрядниках модулей используется одинаковое 15 давление, равное 0,2 МПа, и все разрядники являются управляемыми трехэлектродными с резистивными связями средних электродов (Turman B.N., Martin T.H., Neau E.L. et al. Proc. of the 5<sup>th</sup> IEEE Pulsed Power Conference, Arlington, Virginia, 1985, p.155-161).

Использование данного способа позволило синхронизировать тридцать шесть 20 модулей с разбросом срабатывания от первого до последнего модуля, равным  $\approx 35$  нс. При этом разброс (среднеквадратичное отклонение) срабатывания отдельных модулей составляет 3-7 нс.

Однако данный способ синхронизации многомодульного генератора является 25 сложным и дорогостоящим, так как используются несколько высоковольтных генераторов для запуска модулей, а также все управляемые трехэлектродные разрядники.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения, выбранным в качестве прототипа, является способ синхронизации многомодульного генератора импульсов 30 напряжения, включающий высоковольтный запуск разрядников модулей (собранные по схеме Аркадьева-Маркса), подачу давления в разрядники и использование управляемых разрядников. При этом все разрядники являются управляемыми трехэлектродными с резистивно-емкостными связями средних электродов. Перед 35 запуском модулей (за 100 нс) обеспечивается ультрафиолетовая подсветка их первых разрядников, при этом давление в разрядниках всех модулей используется одинаковое. Запуск модулей осуществляется высоковольтным импульсом отрицательной полярности амплитудой 30 кВ, равной половине зарядного напряжения конденсаторов. Высоковольтный импульс подается на средний электрод первого 40 разрядника («Разработка и исследование секций генератора напряжений по схеме Маркса для мощных импульсных систем», авторы: Воробьюшко М.И., Ковальчук Б.М., Кокшенев В.А. и др., Труды Всесоюзной конференции по инженерным проблемам термоядерных реакторов. Л.: НИИЭФА, 1977, т.3, с.160-167).

Использование данного способа для диапазона давлений в разрядниках от 0,2 45 до 0,24 МПа позволило достичь разброса срабатывания отдельных модулей от 15 до 60 нс, соответственно.

Однако в данном генераторе параллельно включенные модули срабатывают синхронно только при определенных условиях. При этом вывод о синхронном 50 включении модулей делается на основании анализа тока в нагрузке, а это понижает достоверность измерений.

Задача, на решение которой направлено изобретение, - повышение надежности синхронного срабатывания многомодульного генератора импульсов напряжения

(ГИН).

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого технического решения, - достижение одинакового времени срабатывания модулей при их параллельной работе.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе синхронизации многомодульного генератора импульсов напряжения, включающем высоковольтный запуск разрядников, подачу давления в разрядники, использование управляемых разрядников, особенностью является то, что часть разрядников являются управляемыми, при этом в разрядниках каждого модуля используется индивидуальное давление.

Всей совокупностью перечисленных признаков обеспечивается надежный пробой разрядников. Это дает возможность достичь одинакового времени срабатывания параллельно работающих модулей и, таким образом, решить задачу повышения надежности синхронного срабатывания многомодульного ГИН.

При проведении анализа уровня техники, включающего поиск по патентным и научно-техническим источникам информации, и выявлении источников, содержащих сведения об аналогах заявленного изобретения, не обнаружено аналогов, характеризующихся признаками, тождественными всем существенным признакам данного изобретения. Определение из перечня выявленных аналогов прототипа как наиболее близкого по совокупности существенных признаков аналога, позволило выявить совокупность существенных отличительных признаков от прототипа, изложенных в формуле изобретения.

Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «новизна».

Для проверки соответствия заявленного изобретения условию «изобретательский уровень» заявитель провел дополнительный поиск известных решений, чтобы выявить признаки, совпадающие с отличительными от прототипа признаками заявленного устройства. В результате поиска не выявлены технические решения с этими признаками. На этом основании можно сделать выводы о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

На фиг.1 представлена схема многомодульного ГИН с нагрузкой.

На фиг.2 представлена упрощенная принципиальная электрическая схема модуля ГИН.

На фиг.3 представлен общий вид одного модуля ГИН.

На фиг.4 представлено сечение модуля, указанное на фиг.3.

На фиг.5 представлены осциллограммы разрядных токов двенадцати модулей, иллюстрирующие их синхронную работу.

Устройство, реализующее заявляемый способ, содержит многомодульный генератор импульсов напряжения 1, состоящий из двенадцати параллельно включенных модулей 2, и индуктивную нагрузку 3 (фиг.1). Модули 2 расположены в металлическом контейнере 4, заполненном трансформаторным маслом. На высоковольтной стороне модули объединяются общим коллектором 5, к которому подключена нагрузка 3. Многомодульный генератор импульсов напряжения 1 и нагрузка 3, которая представляет собой бескаркасную катушку, характеризуются индуктивностями  $L_{Г}$  и  $L_{Н}$ , соответственно. Индуктивность генератора  $L_{Г} \approx 2,9$  мкГн, а индуктивность нагрузки  $L_{Н}$  можно изменять в пределах от  $\approx 2$  до  $\approx 10$  мкГн. Также возможна работа ГИН 1 на омическую нагрузку.

Модули 2 (фиг.2) собраны по схеме Аркадьева-Маркса с двухполярной зарядкой (Смирнов С.М., Терентьев П.В. Генераторы импульсов высокого напряжения. М.:

"Энергия", 1964, с.26). Каждый модуль 2 (фиг.2-4) содержит конденсаторы 6 (ИК 100-0,4), разрядники 7 и зарядные сопротивления 8 (4 кОм). Разрядники 7 каждого модуля 2 размещены в общем корпусе 9 - разрядное устройство и работают в среде сжатого сухого воздуха. При этом только часть разрядников (первые пять) модуля 2 являются управляемыми трехэлектродными с резистивными связями 10 (5 кОм, 200 Ом, 400 Ом, 1 кОм, 300 Ом) средних электродов (фиг.2), а остальные пять двухэлектродные. Каждый модуль снабжен измерительным устройством 11 - пояс Роговского (фиг.2).

Способ осуществляют следующим образом.

В разрядники 7 (разрядные устройства 9) каждого модуля 2 подается осушенный воздух (точка инея  $\leq -35^{\circ}\text{C}$ ) под давлением  $P_1 \dots P_{12}$  (фиг.1), лежащим в следующем диапазоне 0,315...0,365 МПа. Давление в разрядниках 7 каждого модуля 2 используется индивидуальное и контролируется прецизионным манометром (на фиг. не показано). От источника постоянного напряжения (на фиг. не показано) плюс и минус полярности через зарядные сопротивления 8 происходит зарядка конденсаторов 6 модулей 2 до напряжения  $U_0 = \pm 80$  кВ (фиг.1, 2). Для регистрации разрядного тока всех модулей их пояса Роговского 11 подключаются к трем цифровым осциллографам TDS 2024.

Высоковольтный запуск разрядников 7 модулей 2 осуществляется подачей импульса отрицательной полярности, равного половине зарядного напряжения 40 кВ, на пусковые электроды первых разрядников каждого модуля (фиг.1, 2). После этого происходит последовательная коммутация разрядников 7 каждого модуля 2 (с 1 по 10) и их синхронное включение на общую нагрузку 3, что видно по осциллограммам разрядных токов модулей 2 (фиг.5). Отметим, что при использовании данного способа синхронизации получен разброс (среднеквадратичное отклонение) срабатывания отдельных модулей 5-10 нс.

Предлагаемый способ синхронизации был реализован в многомодульном ГИН 1, который был использован для создания мощного импульсного ускорителя электронов. В экспериментах генератор 1 разряжался на индуктивную нагрузку 3 ( $L_H \approx 2$  мкГн) и электрически взрывающиеся проводники (на фиг. не показано). При синхронной работе модулей 2 были получены ток генератора  $I_T \approx 200$  кА и напряжение на электрически взрывающихся проводниках 6 МВ ( $U_{ЭВП} \sim dI_T/dt$ ), что соответствует четырехкратному увеличению выходного напряжения генератора, которое составляет  $\approx 1,5$  МВ.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о выполнении при использовании способа по заявляемому изобретению следующей совокупности условий:

- процесс, воплощающий заявленный способ при его осуществлении, предназначен для использования в импульсной технике для формирования высоковольтных импульсов напряжения;

- для заявляемого способа в том виде, в котором он охарактеризован в формуле изобретения, подтверждена возможность его осуществления.

Следовательно, заявляемый способ соответствует условию «промышленная применимость».

#### Формула изобретения

Способ синхронизации многомодульного генератора импульсов напряжения, включающий высоковольтный запуск разрядников, подачу давления в разрядники,

использование управляемых разрядников, отличающийся тем, что часть разрядников является управляемой, при этом в разрядниках каждого модуля используется индивидуальное давление.

5

10

15

20

25

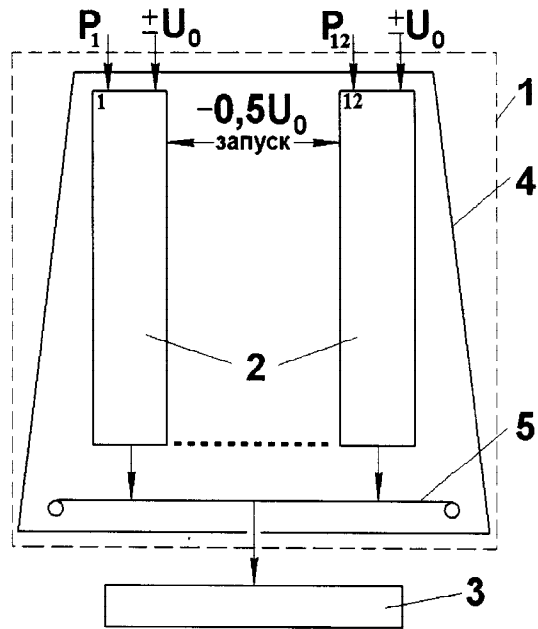
30

35

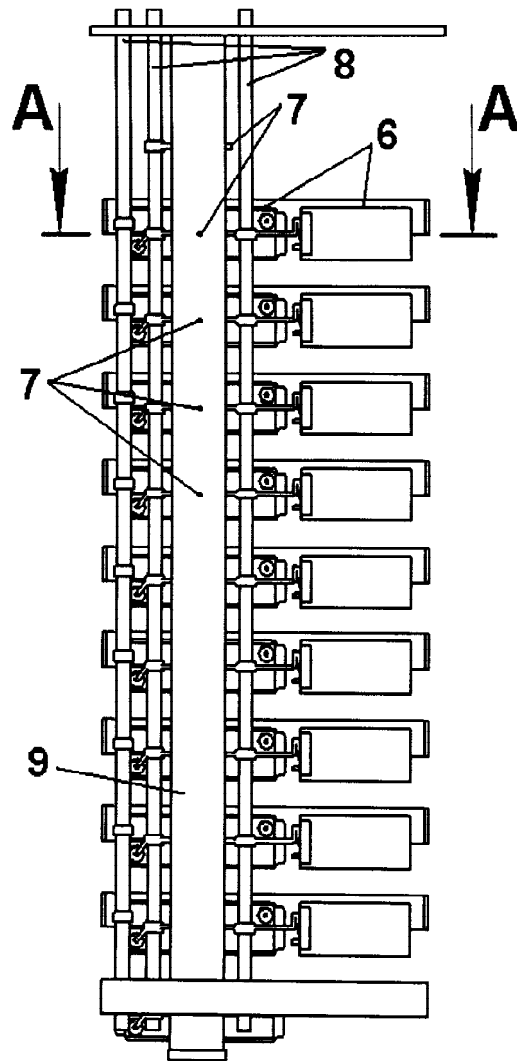
40

45

50

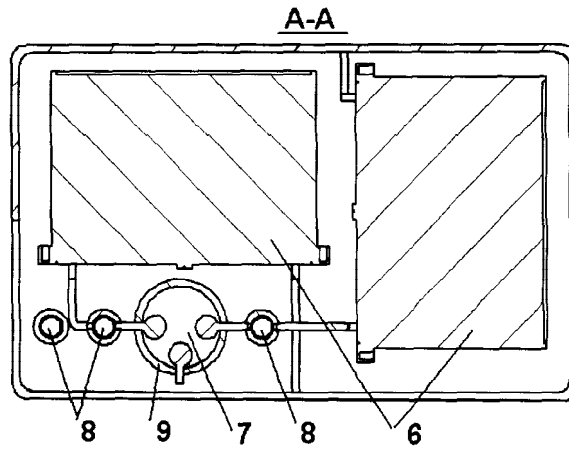


Фиг. 1

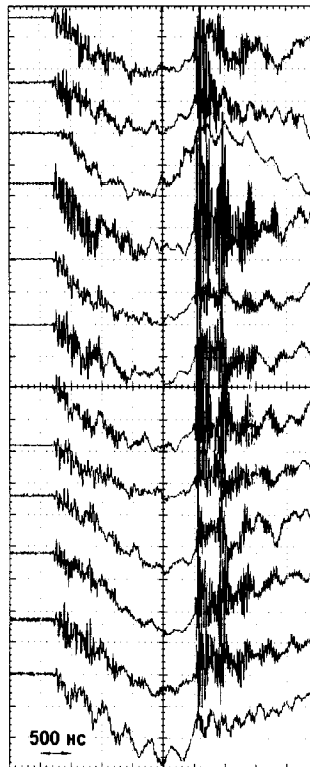


Фиг. 3





Фиг. 4



Фиг. 5