



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007126455/09, 11.07.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.07.2007

(45) Опубликовано: 27.03.2009 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2279748 C1, 10.07.2006. RU 2269843 C1, 10.02.2006. RU 53826 U1, 27.05.2006. SU 738116 A, 30.05.1980. SU 902226 A, 05.02.1982. SU 790133 A, 23.12.1980. US 5881082 A, 09.03.1999. JP 60021631 A, 04.02.1985. GB 771696 A, 03.04.1957. GB 2102639 A, 02.02.1983. ПТЭ, 1989, №5, с.53-54. ПТЭ, 1966, №2, с.147-151.

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, Институт
физики СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Великанов Дмитрий Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

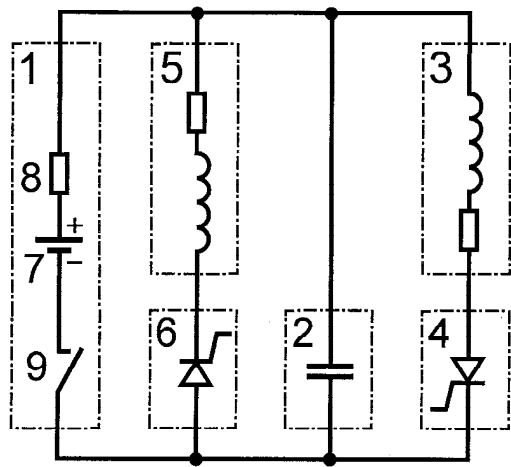
Институт физики им. Л.В. Киренского
Сибирского отделения РАН (RU)

(54) СПОСОБ РЕКУПЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ИМПУЛЬСНЫХ УСТАНОВКАХ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для генерации импульсов в активно-индуктивных нагрузках. Технический результат состоит в снижении тепловых потерь при перезарядке, в получении однополярных импульсов тока, в отсутствии необходимости коммутации полярности тока дозарядки, в упрощении конструкции и схемы управления ключом. Способ рекуперации электрической энергии заключается в преобразовании магнитной энергии электрического тока, полученной в результате преобразования энергии заряженного емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока, в энергию емкостного накопителя. В течение одного цикла работы импульсной установки преобразование энергии емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока и наоборот производится дважды. На первом этапе энергия емкостного накопителя преобразуется в магнитную энергию тока в активно-индуктивной нагрузке с последующей рекуперацией энергии в емкостный накопитель. На втором этапе энергия емкостного

накопителя преобразуется в магнитную энергию тока в катушке индуктивности с последующей рекуперацией энергии в емкостный накопитель. Устройство содержит подключаемый к зарядному устройству емкостный накопитель энергии, параллельно которому подключены последовательно соединенные активно-индуктивная нагрузка и первый ключ. В него введена цепь из последовательно соединенных катушки индуктивности и второго ключа, которая подключена параллельно емкостному накопителю энергии. Первый вывод емкостного накопителя, первый вывод активно-индуктивной нагрузки и первый вывод катушки индуктивности соединены между собой и подключаются к положительному выводу зарядного устройства. Второй вывод активно-индуктивной нагрузки подключен к аноду первого ключа, второй вывод катушки индуктивности подключен к катоду второго ключа. Второй вывод емкостного накопителя, катод первого ключа и анод второго ключа соединены между собой и подключаются к отрицательному выводу зарядного устройства. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007126455/09, 11.07.2007**

(24) Effective date for property rights: **11.07.2007**

(45) Date of publication: **27.03.2009 Bull. 9**

Mail address:
**660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok,
Institut fiziki SO RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):
Velikanov Dmitrij Anatol'evich (RU)

(73) Proprietor(s):
**Institut fiziki im. L.V. Kirenskogo
Sibirskogo otdelenija RAN (RU)**

(54) **METHOD OF ELECTRIC ENERGY RECUPERATION IN IMPULSE AGGREGATES, AND DEVICE FOR METHOD IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

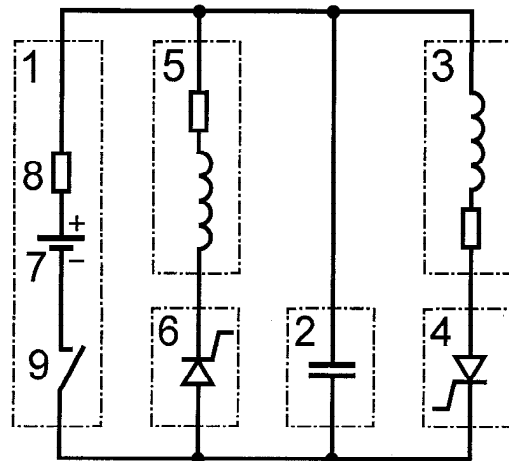
FIELD: electrics.

SUBSTANCE: invention concerns electric equipment and can be applied for impulse generation in active inductance loads. Method of electric power recuperation involves transformation of magnetic energy of electric current, obtained by transformation of charged capacitive storage energy into magnetic energy of electric current, into capacitive storage energy. During one cycle of impulse aggregate operation capacitive storage energy to magnetic energy of electric current and back is performed twice. At the first stage, capacitive storage energy is transformed into magnetic current energy in active inductance load with further energy recuperation to capacitive storage. At the second stage, capacitive storage energy is transformed into magnetic current energy in inductance coil with further energy recuperation to capacitive storage. Device includes capacitive storage connected to charging device and parallel to sequence of active inductance load and first key. Additionally device includes a circuit of sequential inductance coil and second key, circuit connected parallel to capacitive storage. First output of capacitive storage, first output of active inductance load and first output of inductance coil are interconnected and connected to positive output of charging device. Second

output of active inductance load is connected to anode of first key, second output of inductance coil is connected to cathode of second key. Second output of capacitive storage, cathode of first key and anode of second key are interconnected and connected to negative output of charging device.

EFFECT: reduced heat loss during recharge, obtaining monopolar current impulses, eliminated necessity of charge current polarity commutation, simplified construction and key control scheme.

7 cl, 3 dwg, 2 ex



Фиг. 1

RU 2 3 5 1 0 6 4 C 1

RU 2 3 5 1 0 6 4 C 1

Изобретение относится к области электротехники, к разделу импульсной техники, и может быть использовано для генерации импульсов тока в активно-индуктивных нагрузках в радиотехнических устройствах, в устройствах силовоточной электроники, в лабораторных и промышленных установках для создания импульсных магнитных полей.

5 Известен способ рекуперации электрической энергии [Асина С.С., Виноградов К.А., Дронин В.Н., Сурма А.Н. Импульсный магнит с тиристорным коммутатором в цепи питания для сканирования электронного пучка. - ПТЭ, 1989, №5, с.53-54], заключающийся в преобразовании магнитной энергии электрического тока, полученной в результате преобразования энергии заряженного емкостного накопителя в магнитную энергию
10 электрического тока, в энергию емкостного накопителя и наоборот, причем в течение одного цикла работы импульсной установки преобразование производится многократно в режиме затухающих колебаний. Способ реализован в устройстве, содержащем зарядное устройство, емкостный накопитель энергии, тиристорный ключ и магнит в качестве нагрузки.

15 Недостатками данного способа являются его низкая эффективность вследствие полного разряда емкостного накопителя энергии при срабатывании тиристорного ключа, повышенное тепловыделение в обмотке магнита, высокие затраты энергии на повторную зарядку емкостного накопителя.

Известен способ рекуперации электрической энергии, выбранный за прототип [Макарьин
20 В.К., Мартемьянов В.П. Установка для создания импульсного магнитного поля 100 кЭ в объеме 8 л. - ПТЭ, 1966, №2, с.147-151], заключающийся в однократном преобразовании магнитной энергии электрического тока, полученной в результате преобразования энергии заряженного емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока, в энергию емкостного накопителя, при этом емкостный накопитель перезарядается на обратную
25 полярность напряжения. Способ реализован в устройстве, содержащем зарядное устройство, емкостный накопитель энергии, ключ на основе попарно включенных параллельно-встречно управляемых вентилях и активно-индуктивную нагрузку в виде магнита. Способ позволяет применить режим дозарядки емкостного накопителя энергии, снизить мощность зарядного устройства.

30 К недостаткам этого способа относятся изменение направления электрического тока в нагрузке от цикла к циклу, необходимость коммутации полярности тока дозарядки и, как следствие, излишняя сложность зарядного устройства и схемы управления ключом.

Технический результат, реализуемый с помощью заявляемого способа, состоит в снижении тепловых потерь при перезарядке емкостного накопителя энергии, в получении
35 однополярных импульсов тока в активно-индуктивной нагрузке, в уменьшении тепловыделения в активно-индуктивной нагрузке, в отсутствии необходимости коммутации полярности тока дозарядки емкостного накопителя энергии, в упрощении конструкции зарядного устройства и схемы управления ключом.

Технический результат достигается тем, что в способе рекуперации электрической
40 энергии, заключающемся в преобразовании магнитной энергии электрического тока, полученной в результате преобразования энергии заряженного емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока, в энергию емкостного накопителя, новым является то, что в течение одного цикла работы импульсной установки преобразование энергии емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока и наоборот
45 производится дважды, причем на первом этапе энергия емкостного накопителя преобразуется в магнитную энергию тока в активно-индуктивной нагрузке с последующей рекуперацией энергии в емкостный накопитель, на втором этапе энергия емкостного накопителя преобразуется в магнитную энергию тока в катушке индуктивности с последующей рекуперацией энергии в емкостный накопитель.

50 Технический результат достигается также и тем, что в устройстве, содержащем подключаемый к зарядному устройству емкостный накопитель энергии, параллельно которому подключены последовательно соединенные активно-индуктивная нагрузка и первый ключ, новым является то, что в него введена цепь из последовательно

соединенных катушки индуктивности и второго ключа, которая подключена параллельно емкостному накопителю энергии, при этом первый вывод емкостного накопителя энергии, первый вывод активно-индуктивной нагрузки и первый вывод катушки индуктивности соединены между собой и подключаются к положительному выводу зарядного устройства,
 5 второй вывод активно-индуктивной нагрузки подключен к аноду первого ключа, второй вывод катушки индуктивности подключен к катоду второго ключа, второй вывод емкостного накопителя энергии, катод первого ключа и анод второго ключа соединены между собой и подключаются к отрицательному выводу зарядного устройства.

На чертежах представлены: схема устройства (фиг.1), реализующего заявляемый
 10 способ; график (фиг.2), поясняющий работу устройства; один из примеров (фиг.3) выполнения устройства.

Устройство содержит зарядное устройство 1, емкостный накопитель 2 энергии, активно-индуктивную нагрузку 3, первый ключ 4, катушку 5 индуктивности, второй ключ 6.

Зарядное устройство 1, содержащее, к примеру, последовательно соединенные источник 7
 15 питания постоянного тока, зарядный резистор 8 и замыкатель 9, подключено своими выводами к емкостному накопителю 2 энергии. Параллельно емкостному накопителю 2 энергии подключены две цепи: 1) последовательно соединенные активно-индуктивная нагрузка 3 и ключ 4; 2) последовательно соединенные катушка 5 индуктивности и ключ 6.

При этом первый вывод емкостного накопителя 2 энергии, первый вывод активно-индуктивной нагрузки 3 и первый вывод катушки 5 индуктивности соединены между собой и
 20 подключаются к положительному выводу зарядного устройства 1, второй вывод активно-индуктивной нагрузки 3 подключен к аноду ключа 4, второй вывод катушки 5 индуктивности подключен к катоду ключа 6, второй вывод емкостного накопителя 2 энергии, катод ключа 4 и анод ключа 6 соединены между собой и подключаются к
 25 отрицательному выводу зарядного устройства 1.

Устройство работает следующим образом. На фиг.2 приведены зависимости от времени напряжения U_2 емкостного накопителя 2 и тока I_3 нагрузки 3.

Зарядка емкостного накопителя 2 энергии производится от зарядного устройства 1 при
 30 замыкании замыкателя 9 до требуемого положительного напряжения U_{2max} , после чего замыкатель 9 размыкается.

Сначала, в момент времени $t_{вкл.4}$ (начало цикла работы импульсной установки), ключ 4
 35 отпирается и емкостный накопитель 2 разряжается через нагрузку 3 и ключ 4. Процесс разряда носит колебательный характер. За время τ_1 перезаряда емкостного накопителя 2 на обратную полярность в активно-индуктивной нагрузке 3 формируется полуволна тока I_3 положительной полярности. Энергия емкостного накопителя 2 преобразуется в магнитную энергию тока в активно-индуктивной нагрузке 3, затем происходит рекуперация энергии в емкостный накопитель 2. Часть энергии выделяется в виде джоулева тепла в нагрузке 3. Время τ_1 определяется номиналами емкости накопителя 2, индуктивности и активного
 40 сопротивления нагрузки 3. При уменьшении тока до нуля в момент времени $t_{выкл.4}$ ключ 4 запирается.

На втором этапе цикла в момент времени $t_{вкл.6}$ отпирается ключ 6 и емкостный
 45 накопитель 2 энергии вновь разряжается, но теперь уже через катушку 5 индуктивности и ключ 6. Процесс разряда также носит колебательный характер. Время τ_2 перезаряда емкостного накопителя 2 энергии в данном случае определяется, главным образом, номиналами индуктивности катушки 5 и емкости накопителя 2. Энергия емкостного накопителя 2 преобразуется в магнитную энергию тока в катушке 5 индуктивности, затем происходит рекуперация энергии в емкостный накопитель 2. Некоторая часть энергии выделяется в виде джоулева тепла в катушке 5. При уменьшении тока до нуля в момент
 50 времени $t_{выкл.6}$ ключ 6 запирается. В результате, емкостный накопитель 2 энергии оказывается заряженным до положительного напряжения несколько ниже напряжения U_{2max} . Дозарядка емкостного накопителя 2 энергии производится от зарядного устройства 1 до достижения требуемого значения напряжения (конец цикла). При следующем отпирании ключа 4 начинается новый цикл работы.

Применение катушки 5 индуктивности с такими параметрами, чтобы добротность колебательного контура, составленного из катушки 5 и накопителя 2, превосходила добротность контура, составленного из нагрузки 3 и накопителя 2, позволяет уменьшить тепловые потери по сравнению с известными устройствами, в которых перезаряд

5 емкостного накопителя производится исключительно через нагрузку.

Устройство работает вышеописанным образом, если в качестве ключей 4, 6 используются управляемые вентили, в частности, тиристоры. Отпирание управляемого вентиля происходит при подаче импульса тока управления на управляющий электрод

10 вентиля. Так можно в нагрузке 3 формировать одиночные импульсы тока. Схожий результат получается, если в качестве ключа 6 используется неуправляемый вентиль, в частности, диод, правда это приводит к некоторому увеличению длительности импульса тока в нагрузке 3, зато упрощает схему управления.

15 Далее, в качестве ключа 4 также можно использовать неуправляемый вентиль, в частности, динистор, который переключается в открытое состояние по достижении напряжения на нем заданной величины. В этом случае, замкнув постоянно замыкатель 9, можно в нагрузке 3 сформировать последовательность импульсов тока.

Кроме всего, в зависимости от конструктивного исполнения ключей 4, 6, может быть более рациональным исполнение устройства, в котором изменена последовательность включения в цепь активно-индуктивной нагрузки 3 и ключа 4, либо катушки 5

20 индуктивности и ключа 6, либо и то и другое одновременно.

Пример 1. Физическая установка для создания импульсного магнитного поля

В устройстве применены следующие комплектующие. В качестве емкостного накопителя 2 энергии используется батарея из соединенных параллельно конденсаторов типа МБГВ-1000 В-200 мкФ-В общей емкостью 20 мФ, нагрузкой 3 служит погруженный в жидкий азот

25 соленоид, имеющий индуктивность 1 мГн и сопротивление 0,1 Ом, в качестве ключа 4 используется тиристор типа ТБ253-1000-14, в качестве катушки 5 индуктивности используется дроссель, имеющий индуктивность 1,2 Гн и сопротивление 0,6 Ом, в качестве ключа 6 используется диод типа В200-11. При разряде батареи конденсаторов, заряженной до напряжения 800 В, через тиристор на соленоид создается импульс

30 магнитного поля в форме полуволны длительностью 14 мс и амплитудой 100 кЭ.

Пример 2. Радиотехническое устройство для формирования последовательности высоковольтных импульсов (фиг.3).

В устройстве применены следующие комплектующие. В качестве емкостного накопителя 2 энергии используется конденсатор типа К73-17-400В-0,22мкФ±20%, в качестве нагрузки

35 3 подключена первичная обмотка трансформатора типа ТВС-110ПЦ15, в качестве ключа 4 используется цепь из последовательно соединенных диода 10 типа КД411БМ и динистора 11 типа К2400Е70 производства Littelfuse, в качестве катушки 5 индуктивности используется дроссель типа Д 16-0,08-0,8, в качестве ключа 6 используется диод типа КД411БМ. В зарядном устройстве 1 в качестве источника 7 используется источник питания

40 постоянного тока напряжением 260 В, в качестве резистора 8 используется резистор типа ПЭВ-10-3кОм±10%, в качестве замыкателя 9 используется перекидной переключатель типа Т1. При переводе переключателя в замкнутое положение во вторичной обмотке трансформатора начинают индуцироваться высоковольтные импульсы амплитудой 6 кВ и длительностью 20 мкс, частота следования импульсов составляет 700 Гц. Диод 10 введен

45 в схему для того, чтобы исключить протекание обратного тока через динистор, у которого время обратного восстановления слишком велико (~ 40 мкс).

Таким образом, по сравнению с известными способами и устройствами, реализующими их, заявляемый способ рекуперации электрической энергии в импульсных установках и устройство для его осуществления обладают рядом достоинств:

- 50
- снижены тепловые потери при перезарядке емкостного накопителя энергии;
 - импульсы тока в активно-индуктивной нагрузке - однополярные;
 - уменьшено тепловыделение в активно-индуктивной нагрузке;
 - отсутствует необходимость коммутации полярности тока дозарядки емкостного

накопителя энергии;

- упрощены конструкция зарядного устройства и схема управления ключом;
- более высокий коэффициент полезного действия импульсной установки.

5

Формула изобретения

1. Способ рекуперации электрической энергии в импульсных установках, заключающийся в преобразовании магнитной энергии электрического тока, полученной в результате преобразования энергии заряженного емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока, в энергию емкостного накопителя, отличающийся тем, что в течение одного цикла работы импульсной установки преобразование энергии емкостного накопителя в магнитную энергию электрического тока и наоборот производится дважды, причем на первом этапе энергия емкостного накопителя преобразуется в магнитную энергию тока в активно-индуктивной нагрузке с последующей рекуперацией энергии в емкостный накопитель, на втором этапе энергия емкостного накопителя преобразуется в магнитную энергию тока в катушке индуктивности с последующей рекуперацией энергии в емкостный накопитель.

2. Устройство, содержащее подключаемый к зарядному устройству емкостный накопитель энергии, параллельно которому подключены последовательно соединенные активно-индуктивная нагрузка и первый ключ, отличающееся тем, что в него введена цепь из последовательно соединенных катушки индуктивности и второго ключа, которая подключена параллельно емкостному накопителю энергии, при этом первый вывод емкостного накопителя энергии, первый вывод активно-индуктивной нагрузки и первый вывод катушки индуктивности соединены между собой и подключаются к положительному выводу зарядного устройства, второй вывод активно-индуктивной нагрузки подключен к аноду первого ключа, второй вывод катушки индуктивности подключен к катоду второго ключа, второй вывод емкостного накопителя энергии, катод первого ключа и анод второго ключа соединены между собой и подключаются к отрицательному выводу зарядного устройства.

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что в качестве первого ключа используется управляемый клапан.

4. Устройство по п.2, отличающееся тем, что в качестве первого ключа используется неуправляемый клапан.

5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что неуправляемый клапан выполнен из последовательно соединенных диода и динистора.

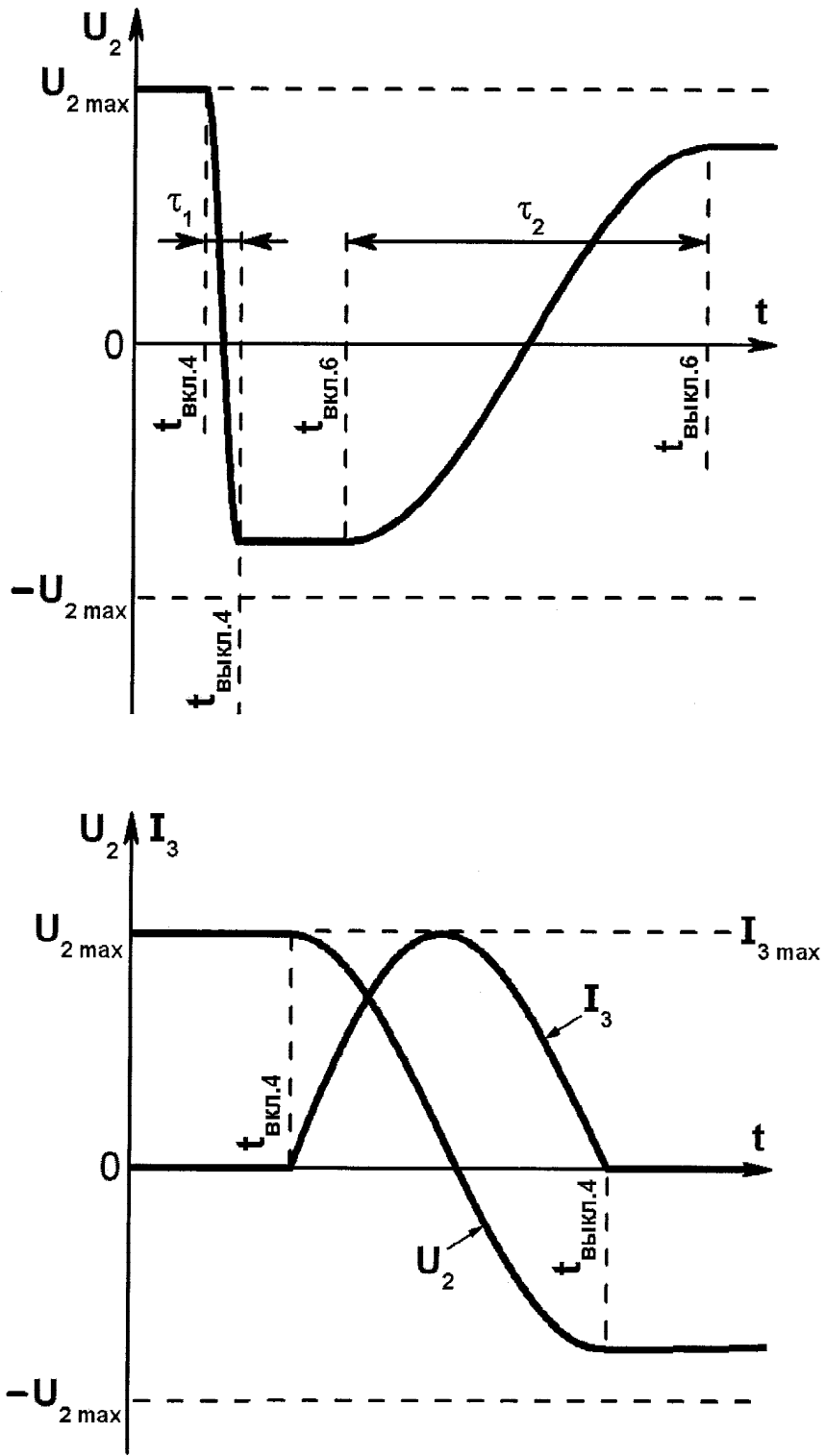
6. Устройство по п.2, отличающееся тем, что в качестве второго ключа используется управляемый клапан.

7. Устройство по п.2, отличающееся тем, что в качестве второго ключа используется неуправляемый клапан.

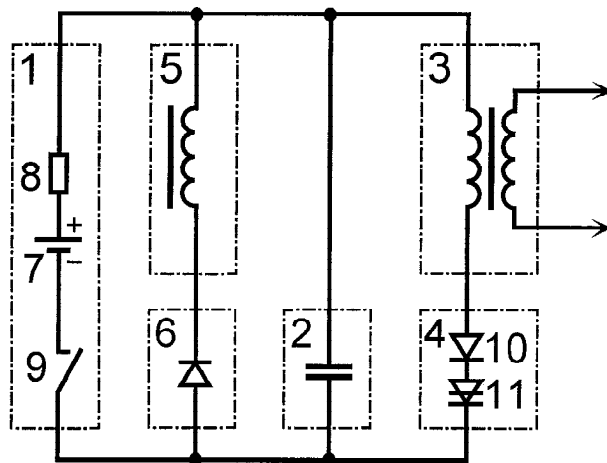
40

45

50



Фиг. 2



Фиг. 3