

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 201892198 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2020.04.30(51) Int. Cl. *H03C 3/00* (2006.01)  
*H03H 7/18* (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
2018.10.29

## (54) ТИРИСТОРНОЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ПРОДОЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

(96) 2018000128 (RU) 2018.10.29

(72) Изобретатель:

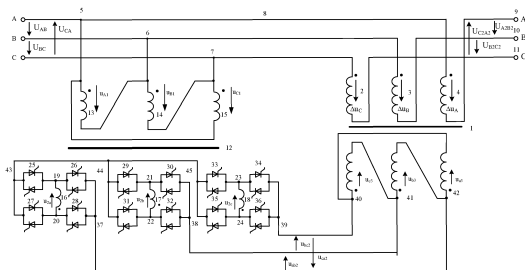
(71) Заявитель:  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
"НИЖЕГОРОДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ) (RU)

Асабин Анатолий Александрович,  
Соснина Елена Николаевна, Кралин  
Алексей Александрович, Крюков  
Евгений Валерьевич, Шумский  
Никита Васильевич (RU)

(74) Представитель:

Бабанов Н.Ю. (RU)

(57) Изобретение относится к высоковольтным электротехническим комплексам для управляемых линий электропередач. Технические результаты - уменьшение расчетной мощности шунтового трансформатора, входящего в состав тиристорного вольтодобавочного устройства продольного регулирования напряжения (ТРВДУ), уменьшение количества тиристорных коммутаторов в модулях продольного регулирования. Улучшение гармонического состава вносимого в высоковольтную линию добавочного напряжения. Возможность использования одного трехфазного серийного трансформатора вместо трех однофазных, что сокращает трансформаторное оборудование. Использование импульсно-фазового управления тиристорами позволяет плавно регулировать выходное напряжение в пределах, определяемых ГОСТ. Тиристорные коммутаторы вынесены в цепи вторичных обмоток шунтового трансформатора и находятся под низким напряжением, что позволяет применять данное устройство в сетях среднего и выше напряжения. Технические результаты достигаются тем, что используются два трансформатора шунтовый и серийный. Первичные обмотки шунтового трансформатора соединены по схеме "треугольник" и подключены к входным зажимам ТРВДУ. На базе вторичных обмоток реализуются модули продольного регулирования, подключенные к первичным обмоткам серийного трансформатора, соединенным по схеме "треугольник", вторичные обмотки серийного трансформатора включены последовательно между входными и выходными зажимами каждой фазы ТРВДУ.



A1

201892198

201892198

A1

## **Тиристорное вольтодобавочное устройство продольного регулирования напряжения**

Изобретение относится к высоковольтным электротехническим комплексам для управляемых линий электропередач.

Известно фазоповоротное устройство, содержащее трехфазный серийный трансформатор, вторичные обмотки которого выполнены со средним выводом и вставлены в рассечку фаз высоковольтной линии электропередачи, а первичные обмотки соединены по схеме треугольника, узлы соединения обмоток которого подключены к высоковольтным выводам трехфазного высоковольтного коммутатора. При этом низковольтные выводы всех фаз коммутатора соединены по схеме звезды, а входные выводы каждой фазы коммутатора подключены ко вторичной обмотке соответствующей фазы трехфазного шунтового трансформатора, первичные обмотки которого высоковольтными выводами подключены к средним выводам вторичных обмоток серийного трансформатора, а низковольтными выводами соединены по схеме звезды и заземлены (патент Российской Федерации на полезную модель RU 106060 U1 кл. H03H 7/18, опубл. 27.06.2011 г.).

Недостатком устройства является реализация симметричного регулирования напряжения и отсутствие продольного регулирования. Это делает невозможным изменение  $a$ , следовательно, и стабилизацию выходного напряжения по величине.

Известно полупроводниковое фазоповоротное устройство (ПФУ), которое реализует продольно-поперечное регулирование напряжения (патент Российской Федерации на полезную модель RU 2450420 C1 кл. H03C 3/00, опубл. 10.05.2012 г.). Поперечное регулирование напряжения фазы С обеспечивается группами N1 и N2 (чужих) фаз В и А вторичных обмоток шунтового трансформатора, питающего через тиристорные коммутаторы первичные обмотки серийного трансформатора. Причем числа витков вторичных обмоток шунтового трансформатора этих групп выбраны в соответствии с геометрической числовой последовательностью при основании равном трем. Продольное регулирование выполняется группой N1 (своей) фазы С. Числа витков вторичных обмоток шунтового трансформатора в

пределах этой группы выбраны в соответствии с геометрической числовой последовательностью при основании равном двум.

Данное ПФУ имеет следующие недостатки. ПФУ может применяться только в линиях электропередач с заземленной нейтралью, необходимой для подключения первичных обмоток шунтового трансформатора. В связи с этим реализация схемного решения невозможна в сетях среднего напряжения (6-20 кВ) из-за отсутствия в них нейтрального провода. В этом ПФУ необходимо разбиение вторичных обмоток шунтового трансформатора на секции, имеющие разное число витков, что значительно усложняет коммутационные процессы. Требуется применение трансформаторов повышенной мощности, т.к. в данном ПФУ регулирование происходит путем геометрического сложения векторов напряжений.

Наиболее близким к техническому решению по технической сущности является ПФУ, которое реализует продольно-поперечное регулирование напряжения (патент Российской Федерации на полезную модель RU 157116 U8 кл. H03C3/00, H03H7/18 опубл. 20.11.15 г.)

ПФУ, содержит трехфазный серийный трансформатор, первичные обмотки которого соединены по схеме «звезда», вторичные обмотки которого включены в рассечку фаз высоковольтной линии электропередачи, трехфазный шунтовый трансформатор, высоковольтные выводы которого подключены к клеммам рассечки фаз высоковольтной линии электропередачи со стороны входа ПФУ, а вторичные обмотки каждой фазы выполнены в виде пяти гальванически развязанных секций, выводы которых подключены к соответствующим входным клеммам трехфазного коммутатора.

Недостаток данного фазоповоротного устройства заключается в использовании секционированных вторичных обмоток шунтового трансформатора и соответственно использования большого количества тиристорных ключей в модулях регулирования напряжения.

Другим недостатком ПФУ является использование трехфазного серийного трансформатора с соединением первичных обмоток по схеме «звезда», что ухудшает гармонический состав напряжения вносимого в высоковольтную линию.

Решаемая задача – стабилизация напряжения в электрических сетях 6-20 кВ.

Технический результат – уменьшение количества тиристорных коммутаторов модулей продольного регулирования, улучшение гармонического состава напряжения вносимого в высоковольтную линию, уменьшение расчетной мощности трансформаторного оборудования.

Технический результат достигается тем, что в ТРВДУ используются два трансформатора шунтовый и серийный, стабилизация величины выходных напряжений осуществляется путем геометрического суммирования векторов напряжений модулей продольного регулирования шунтового трансформатора, что позволяет реализовать режим продольного регулирования. Соединение первичных обмоток шунтового трансформатора по схеме «треугольник» не требует использования нейтрали для реализации схемного решения и позволяет использовать ТРВДУ в сетях низкого, среднего и высокого напряжения. Благодаря использованию серийного трансформатора с соединением первичных обмоток по схеме «треугольник» напряжение вносимое ТРВДУ в высоковольтную линию имеет улучшенный гармонический состав поскольку не содержит гармоник кратных трем, образующих систему напряжений нулевой последовательности. Тиристорные коммутаторы модулей продольного регулирования каждой фазы выполнены по мостовой схеме. В диагональ каждого моста включена одна вторичная обмотка шунтового трансформатора. Такое исполнение модуля продольного регулирования позволяет существенно сократить количество тиристорных коммутаторов модулей продольного регулирования.

Сущность предлагаемого изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 приведена функциональная схема ТРВДУ.

Предлагаемое тиристорное вольтодобавочное устройство продольного регулирования напряжения (ТРВДУ) содержит трехфазный серийный трансформатор 1, вторичные обмотки которого 2, 3, 4 подключены к клеммам 5, 6, 7 рассечки фазы А, 6, 7, 8 рассечки фазы В, 7, 8, 9 рассечки фазы С трехфазной высоковольтной линии электропередачи 8 со стороны входа ТРВДУ и к клеммам 9, 10, 11 рассечки фазы А, 10, 11, 12 рассечки фазы В, 11, 12, 13 рассечки фазы С трехфазной высоковольтной линии электропередачи со стороны выхода ТРВДУ; шунтовый трансформатор 12, первичные обмотки 13, 14, 15 которого соединены по способу «треугольник» и подключены к соответствующим клеммам высоковольтной линии электропередачи 5 фазы А, 6 фазы В и 7 фазы С со стороны входа ТРВДУ; вторичные обмотки шунтового трансформатора выполнены в виде гальванически развязанных секций 16-18, подключенных к соответствующим входным клеммам 19-24 трехфазного коммутатора, каждая фаза которого выполнена в виде однофазного полупроводникового мостового преобразователя с двунаправленными ключами 25-36 в каждом плече, при этом первые выводы 37-39 трехфазного коммутатора подключены к клеммам 40-42 первичных обмоток

сериесного трансформатора 1 соединенных по схеме «треугольник», вторые выводы 43-45 трехфазного коммутатора обеденены в общую точку.

ТРВДУ работает следующим образом. В зависимости от состояния тиристорных коммутаторов есть три режима работы. При включенных коммутаторах 27, 28, 31, 32, 35, 36 вторичные обмотки 16-18 шунтового трансформатора, рассчитанные на напряжение  $u_2=e_2$ , исключаются из цепи протекания тока и выходные напряжения  $u_{A2B2}$ ,  $u_{B2C2}$ ,  $u_{C2A2}$  равны соответствующим входным напряжениям  $u_{AB}$ ,  $u_{BC}$ ,  $u_{CA}$ . Увеличение выходного напряжения ТРВДУ получается при включенных коммутаторах 26, 27, 30, 31, 34, 35 и выключенных 25, 28, 29, 32, 33, 36. При этом в цепи питания первичных обмоток сериесного трансформатора вводится геометрическая разность напряжений, описываемая выражениями:

$$u_{c3}=u_{bc2}=u_{b2}-u_{c2}; u_{a3}=u_{ca2}=u_{c2}-u_{a2}; u_{b3}=u_{ab2}=u_{a2}-u_{b2}.$$

Следует отметить, что напряжения вторичных обмоток шунтового трансформатора фазы А  $u_{a2}$  совпадает по фазе с линейным напряжением  $U_{AB}$ , напряжение фазы В  $u_{b2}$  совпадает по фазе с  $U_{BC}$ , напряжение фазы С  $u_{c2}$  совпадает по фазе с  $U_{CA}$ . Соответственно в рассечку линий ТРВДУ вводятся напряжения вторичных обмоток сериесного трансформатора, которые с учетом его коэффициента трансформации  $k$ , описываются выражениями  $\Delta u_c=k \cdot u_{bc2}$ ,  $\Delta u_b=k \cdot u_{ab2}$ ,  $\Delta u_a=k \cdot u_{ca2}$ . Векторная диаграмма напряжений для данного режима показана на фиг. 2.

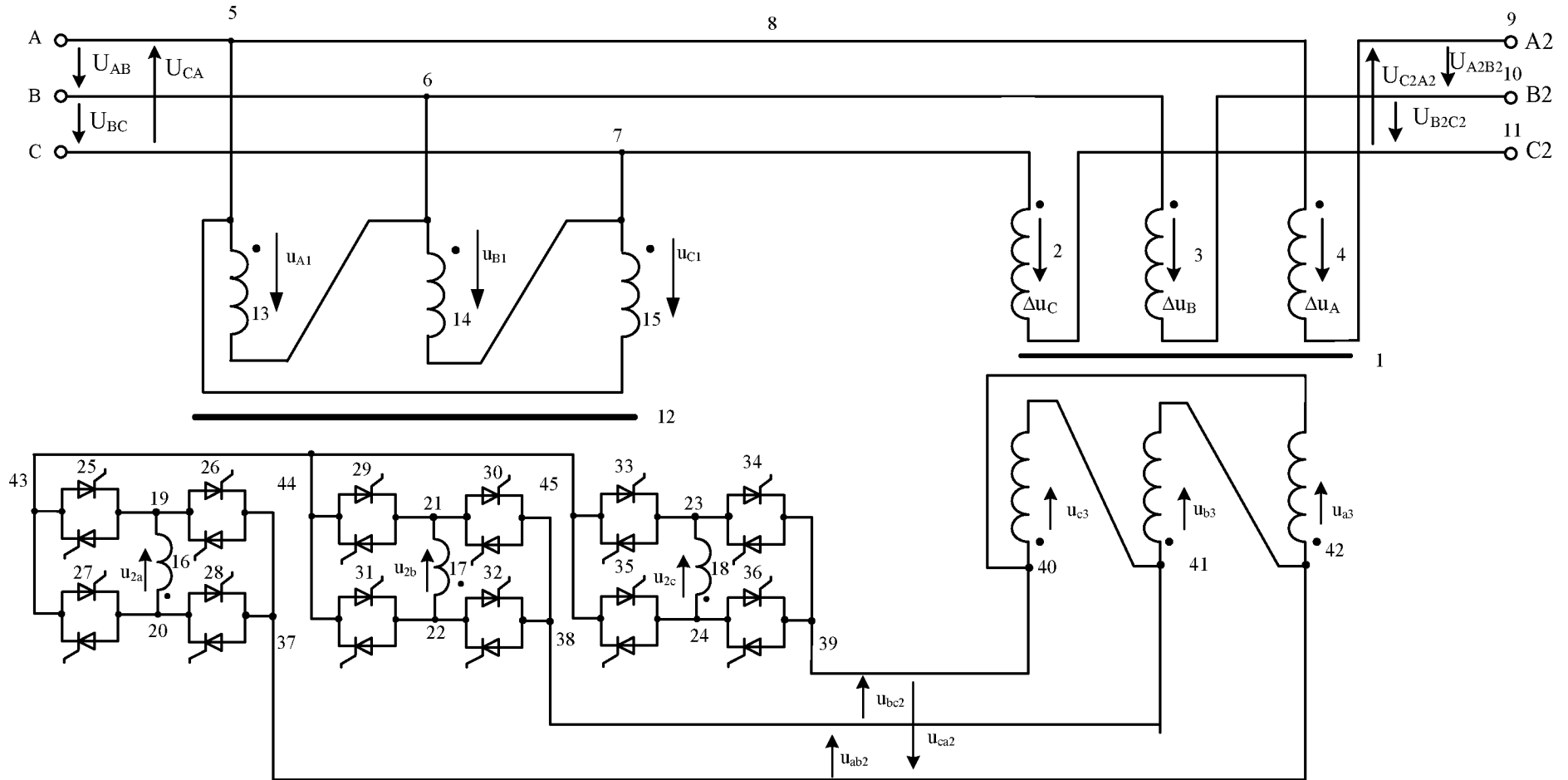
Можно показать, что уменьшение выходного напряжения ТРВДУ получается при включении тиристорных коммутаторов 25, 28, 29, 32, 33, 36 и отключении 26, 27, 30, 31, 34, 35. При этом в рассечку линий ТРВДУ вводятся напряжения вторичных обмоток сериесного трансформатора, которые с учетом его коэффициента трансформации  $k$ , описываются выражениями  $\Delta u_c=-k \cdot u_{bc2}$ ,  $\Delta u_b=-k \cdot u_{ab2}$ ,  $\Delta u_a=-k \cdot u_{ca2}$ . Векторная диаграмма данного режима представленная на фиг. 3.

Использование импульсно-фазового способа регулирования напряжения ТРВДУ позволяет оперативно и с высокой точностью изменять величину (модуль) напряжения в распределительной сети.

## Формула изобретения

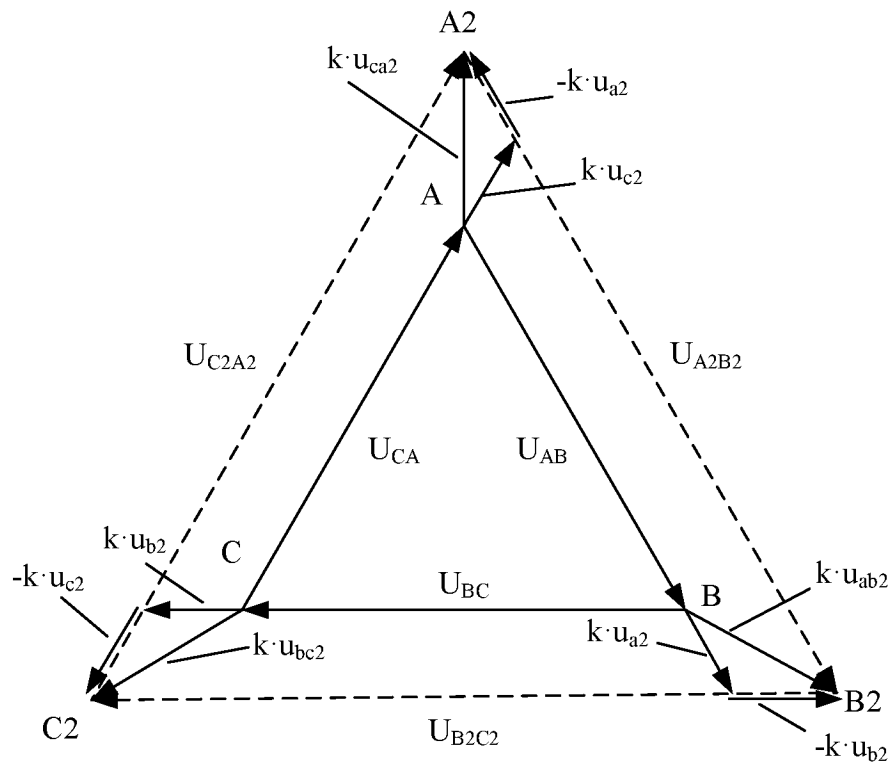
Тиристорное устройство продольного регулирования напряжения для распределительных сетей содержащее трехфазный сериесный трансформатор, вторичные обмотки которого включены в рассечку высоковольтной линии электропередачи, шунтовый трансформатор, первичные обмотки которого соединены по способу «треугольник», высоковольтные выводы которого подключены к клеммам рассечки фаз высоковольтной линии электропередачи со стороны входа ТРВДУ, вторичные обмотки шунтового трансформатора выполнены в виде гальванически развязанных секций, подключенных к соответствующим входным клеммам трехфазного коммутатора, каждая фаза которого выполнена в виде однофазного полупроводникового мостового преобразователя с двунаправленными ключами в каждом плече, при этом первые выводы трехфазного коммутатора подключены к клеммам первичных обмоток трехфазного сериесного трансформатора соединенных по схеме «треугольник», вторые выводы трехфазного коммутатора объединены в общую точку.

### Тиристорное вольтодобавочное устройство продольного регулирования напряжения



Фиг. 1

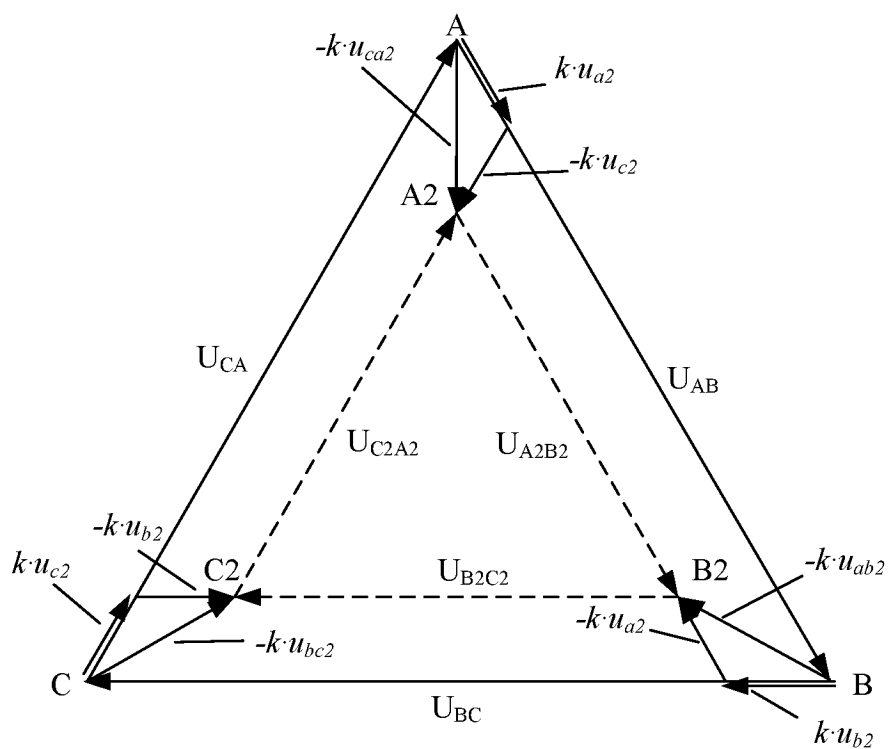
Тиристорное вольтодобавочное устройство  
продольного регулирования напряжения



Фиг. 2



Тиристорное вольтодобавочное устройство  
продольного регулирования напряжения



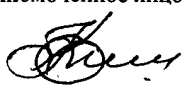
ФИГ. 3

## ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ  
ПОИСКЕ(статья 15(3) ЕАПК и правило 42  
Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201892198

Дата подачи: 29 октября 2018 (29.10.2018)   Дата испрашиваемого приоритета:		
Название изобретения: ТИРИСТОРНОЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ПРОДОЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ		
Заявитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ)		
<input type="checkbox"/> Некоторые пункты формулы не подлежат поиску (см. раздел I дополнительного листа) <input type="checkbox"/> Единство изобретения не соблюдено (см. раздел II дополнительного листа)		
А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:		
МПК: <b>H03C 3/00</b> (2006.01)	СПК: <b>H03C 3/00</b> (2013-01)	
<b>H03H 7/18</b> (2006.01)	<b>H03H 7/18</b> (2013-01)	
	<b>H03K 17/105</b> (2013-01)	
Согласно Международной патентной классификации (МПК) или национальной классификации и МПК		
Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:		
Минимум просмотренной документации (система классификации и индексы МПК) H03C 3/00-3/09, H03H 7/00-7/18, G05F 1/00-1/26		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в область поиска:		
В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A, D	RU 157116 U1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ)) 20.11.2015	1
A	RU 2155366 C2 (КЛИМАШ ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ и др.) 27.08.2000	1
A	RU 180964 U1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ)) 02.07.2018	1
A	EP 2890012 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD) 01.07.2015	1
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы В		<input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении
* Особые категории ссылочных документов:		
"А" документ, определяющий общий уровень техники	"Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения	
"Е" более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее	"Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности	
"О" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.	"У" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории	
"Р" документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета	"&" документ, являющийся патентом-аналогом	
"D" документ, приведенный в евразийской заявке	"L" документ, приведенный в других целях	
Дата действительного завершения патентного поиска: 17 мая 2019 (17.05.2019)		
Наименование и адрес Международного поискового органа: Федеральный институт промышленной собственности РФ, 125993, Москва, Г-59, ГСП-3, Бережковская наб., д. 30-1. Факс: (499) 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА	Уполномоченное лицо:  О.В. Кишкovich Телефон № (499) 240-25-91	