

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **180 125** (13) **U1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[G05F 1/00 \(2006.01\)](#)

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 18.06.2018)  
Пошлина: учтена за 1 год с 27.12.2017 по 27.12.2018

(21)(22) Заявка: [2017146443](#), 27.12.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.12.2017Дата регистрации:  
05.06.2018Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 27.12.2017(45) Опубликовано: [05.06.2018](#) Бюл. № [16](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: [BY 18383 C1 30.06.2014](#). [SU 1169102](#)  
[A1 23.07.1985](#). [RU 2110881 C1 10.05.1998](#). [US](#)  
[20170070155 A1 09.03.2017](#).Адрес для переписки:  
**620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УрФУ, центр интеллектуальной  
собственности**

(72) Автор(ы):

**Хохлов Константин Олегович (RU),  
Ищенко Алексей Владимирович (RU),  
Рубцова Ольга Олеговна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

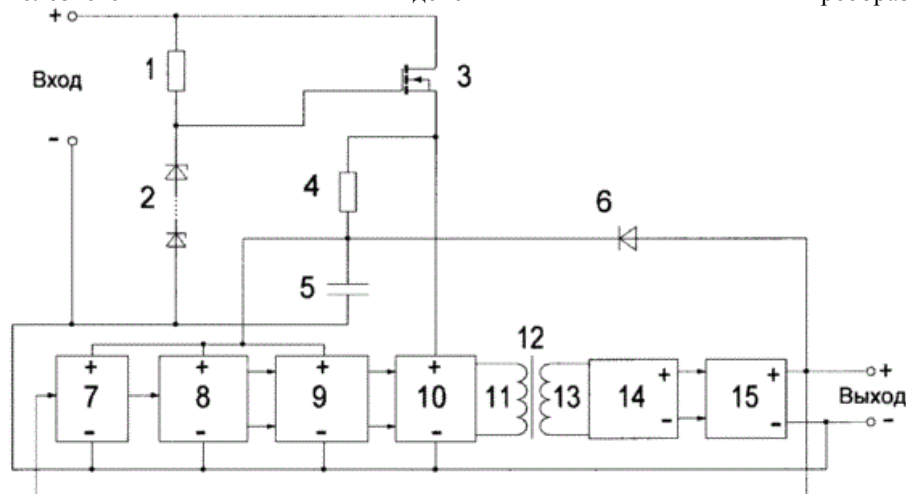
**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)****(54) Преобразователь электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения****(57) Реферат:**

Полезная модель относится к технике преобразования электрической энергии, в частности к преобразователям напряжения, которые преобразуют высокое входное напряжение в низковольтное напряжение для питания электронных устройств различного назначения. Данный преобразователь предназначен для питания электронных схем погружного блока в системах телеметрии нефтяных скважинных насосов.

Преобразователь электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения содержит резисторный блок, первый вывод которого соединен со стоком полевого транзистора с изолированным затвором, образуя положительный вход преобразователя, а второй вывод подключен к катоду блока стабилитронов и затвору транзистора. Исток транзистора соединен с выводом питания полумостового инвертора и входом отключаемого источника тока, выход которого подключен к первому выводу конденсатора, катоду диода и выводам положительного питания блока обратной связи, блока широтно-импульсной модуляции и драйвера полумостового инвертора. Выход блока обратной связи подключен к блоку ШИМ с двухтактным выходом, выводы которого подсоединены к драйверу полумостового инвертора, выходы которого подключены к входам полумостового инвертора, а к его выходам подсоединена первичная обмотка трансформатора. Вторичная обмотка подключена к выпрямителю, к которому подключен индуктивно-емкостной фильтр. Положительный выход фильтра подключен к аноду диода, выводу управления отключаемого источника тока и входу блока обратной связи, образуя положительный выход преобразователя. Выводы отрицательного питания блока обратной связи, блока ШИМ, драйвера полумостового инвертора, полумостового инвертора, фильтра,

второго вывода конденсатора и анода блока стабилитронов объединены, образуя отрицательные вход и выход преобразователя.

Технический результат заключается в получении высокого диапазона напряжения питания 200-4200 В без потери работоспособности и высоком коэффициенте полезного действия преобразователя.



Фиг. 1

Полезная модель относится к технике преобразования электрической энергии, в частности к преобразователям напряжения, которые преобразуют высокое входное напряжение в низковольтное напряжение для питания электронных схем различного назначения.

Большинство современных импульсных высокочастотных преобразователей напряжения предназначено для преобразования выпрямленного сетевого напряжения 220 В 50 Гц в низковольтное напряжение (стандартные блоки питания). В некоторых случаях возникают задачи по преобразованию и стабилизации напряжения, требующие экстремальных параметров, которые не достижимы при стандартных технических решениях.

В системах погружной телеметрии нефтяных скважинных насосов используется прикрепленный к насосу погружной блок, в котором содержатся электронные схемы, необходимые для работы датчиков состояния электродвигателей насосов и передачи информации на поверхность. Для питания этих схем требуется низкое напряжение 12...15 В, которое преобразуется в погружном блоке из постоянного напряжения 200 В, подаваемого с поверхности. Трехфазное напряжение питания электродвигателя имеет величину действующего напряжения 3000 В частотой  $50 \pm 10$  Гц, которое вырабатывается трехфазным трансформатором, расположенным на поверхности. Обмотки трансформатора и трехфазного электродвигателя насоса в скважине соединены трехфазным кабелем, находящимся в металлической броне. Так как никаких других кабелей кроме трехфазного кабеля для электродвигателя система не предусматривает, положительное напряжение питания погружного блока 200 В подается на нейтральную точку соединения обмоток трансформатора, и, при условии симметричной трехфазной системы, это же напряжение 200 В будет формироваться на нейтральной точке обмоток электродвигателя относительно заземленной металлической брони, на которую подключен отрицательный вывод источника напряжения 200 В. Однако при «перекосе» фаз потенциал нулевой точки будет сильно колебаться в пределах напряжения 200-1200 В, а кратковременные всплески напряжения могут достигать амплитудного значения величины фазы - 4200 В (установлено экспериментально).

Таким образом, для систем погружной телеметрии необходим преобразователь со стабилизированным низковольтным выходным напряжением (порядка 15 В  $\pm 5\%$ ), который питается входным напряжением в пределах 200-1200 В и выдерживает кратковременные перегрузки по входному напряжению до 4200 В без потери (даже временной) работоспособности в течение длительного времени (не менее двух-трех лет). Также необходимо иметь возможность обеспечивать питающим напряжением собственные блоки преобразователя. Ввиду того, что в скважинах температура окружающей среды выше 100°C, преобразователь должен обладать высоким коэффициентом полезного действия, чтобы не производить дополнительный нагрев электронных схем и иметь высокую надежность.

Известен преобразователь электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения (Khokhlov K.O., Khokhlov G.K., Ishchenko A.V., Cherepanov A.N., Naronov, A.S. Electric power converter with a wide input voltage range // International Journal of Power Electronics and Drive Systems. Vol. 7, №4. 2016. Pp. 1221-1227.), (Фигура 1), который содержит первый резисторный блок 1, первый вывод которого соединен со стоком полевого транзистора с изолированным затвором 3 образуя

положительный вход устройства, а второй вывод подключен к катоду блока стабилитронов 2 и затвору транзистора 3, исток которого соединен с выводом высоковольтного питания полумостового инвертора 10 и первым выводом второго резисторного блока 4, второй вывод которого подключен к конденсатору 5, выводу катода диода 6 и выводам положительного питания блока обратной связи 7, блока широтно-импульсной модуляции 8 и драйвера полумостового инвертора 9, выход цепи обратной связи 7 подключен к входу схемы широтно-импульсной модуляции с двухтактным выходом 8, выходы которой подсоединены к входам драйвера полумостового инвертора 9, выходы которого подключены к входам полумостового инвертора 10, к выходам которого подсоединена первичная обмотка 11 трансформатора 12, вторичная обмотка 13 подключена к входам выпрямителя 14, выходы которого подключен к входам индуктивно-емкостного фильтра 15, положительный выход которого подключен к аноду диода 6 и входу блока обратной связи 7, образуя положительный выход преобразователя, при этом нижние выводы отрицательного питания блоков 7, 8, 9, 10 и 15, анод блока стабилитронов 2 и нижний вывод конденсатора 5 объединены, образуя отрицательные вход и выход преобразователя.

Приведенный преобразователь имеет в составе резисторный блок 4, предназначенный для первичного запуска схемы и обеспечивающего запускающий ток для всего диапазона напряжений, начиная с величины 200 В. Вследствие того, что напряжение на нем может достигать значения 1200 В, на данном резисторе будет выделяться бесполезная мощность, что приводит к снижению КПД преобразователя.

Задача полезной модели - повышение КПД преобразователя электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения.

Поставленная задача решается следующим образом (Фигура 2).

Преобразователь электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения имеет структуру, аналогичную представленной на фигуре 1, за исключением того, что резисторный блок 4 заменен на отключаемый источник тока 16, вход которого соединяется с истоком транзистора 3, а выход подключен к конденсатору 5, выводу катода диода 6 и выводам положительного питания блока обратной связи 7, блока широтно-импульсной модуляции 8 и драйвера полумостового инвертора 9. Вход управления отключаемого источника тока 16 подключен к положительному выходу преобразователя.

Преобразователь электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения работает следующим образом. Входное напряжение подается на резисторный блок 1 и сток полевого транзистора с изолированным затвором 3. Пока входное напряжение меньше напряжения пробоя блока стабилитронов 2, затвор транзистора 3 подключен к стоку через резисторный блок 1. Транзистор 3 практически полностью открыт, имеет низкое сопротивление канала, не рассеивает мощность и передает входное напряжение со стока на исток практически без изменения. Когда входное напряжение превышает величину напряжения пробоя, через него начинает протекать ток и напряжение не поднимается выше напряжения пробоя. Транзистор 3 в этом случае работает в режиме истокового повторителя, и поддерживает напряжение на истоке на уровне напряжения пробоя блока стабилитронов 2, которое не меняется при значительном увеличении входного напряжения. Так как ток затвора транзисторов такого типа составляет значение не более 0,1 мкА, суммарное сопротивление резисторного блока 1 можно выбрать в пределах десятков МОм, предотвращая их нагрев при высоких значениях входного напряжения. Блоки 1, 2 и 3 образуют первую ступень регулирования, назначение которой - ограничение напряжения на истоке транзистора 3 на уровне напряжения пробоя блока стабилитронов 2. Это напряжение определяется напряжением пробоя и количеством включенных последовательно стабилитронов, составляющих блок стабилитронов 20. В данном случае выбрано значение 1200 В, так как это максимальное напряжение существующих драйверов полумостовых инверторов.

В результате на выходе первой ступени регулирования формируется напряжение, которое может меняться в пределах от минимального значения 200 В до максимального 1200 В при колебаниях входного от 200 до 4200 В.

Это напряжение заряжает конденсатор 5 через отключаемый источник тока 16, который в момент подачи входного напряжения работает в режиме стабилизации тока, так как сигнал на его выводе управления отсутствует. Суммарный ток потребления блока обратной связи 7, блока широтно-импульсной модуляции 8 и драйвера полумостового инвертора 9 в выключенном состоянии очень незначительный и не препятствует заряду конденсатора 5. Диод 6 отсекает возможный разряд конденсатора 5 через нагрузку, подключаемую к преобразователю. Поэтому величина тока отключаемого источника тока 16 может иметь незначительную величину для уменьшения рассеиваемой мощности на нем в процессе включения и не зависеть о величины подаваемого на него напряжения 200-1200 В. При достижении напряжения на конденсаторе 5 порога срабатывания схемы широтно-импульсной модуляции 8, происходит ее включение и формирование последовательности импульсов, подаваемых на входы драйвера полумостового инвертора 9, который управляет полумостовым инвертором 10. Конденсатор 5 начинает разряжаться током, потребляемым блоками 7, 8 и 9. Но на первичной обмотке 11 трансформатора 12,

начинает формироваться переменное прямоугольное напряжение, которое трансформируется во вторичную обмотку 13, выпрямляется выпрямителем 14 и преобразуется фильтром 15 в постоянное выходное напряжение, которое через диод 6 подается на конденсатор 5 и поддерживает на нем напряжение, необходимое для работы блоков 7, 8 и 9. Конденсатор 5 должен иметь достаточную емкость, чтобы не разрядиться до момента его подзаряда через диод 6. С другой стороны, выходное напряжение поступает на вход блока обратной связи 7, которая управляет блоком широтно-импульсной модуляции 8 для стабилизации выходного напряжения. При этом фильтр 15 должен быть индуктивно-емкостным для обеспечения поддержания постоянного выходного напряжения на заданном уровне при помощи широтно-импульсной модуляции при больших колебаниях напряжения с истока транзистора 3. Кроме этого, выходное напряжение поступает на вывод управления отключаемого источника тока и выключает его, предотвращая бесполезную потерю энергии на нем. Таким образом, блоки 7, 8, 9, 10, 12, 14 и 15 образуют вторую ступень регулирования.

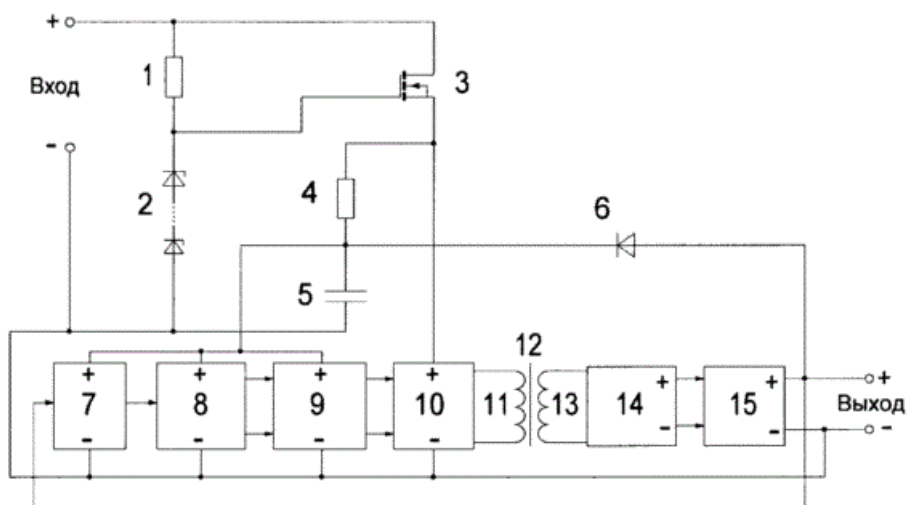
Технический результат.

1. Высокий диапазон напряжения питания 200-4200 В без потери работоспособности (даже временной).
2. Высокий коэффициент полезного действия.

#### Формула полезной модели

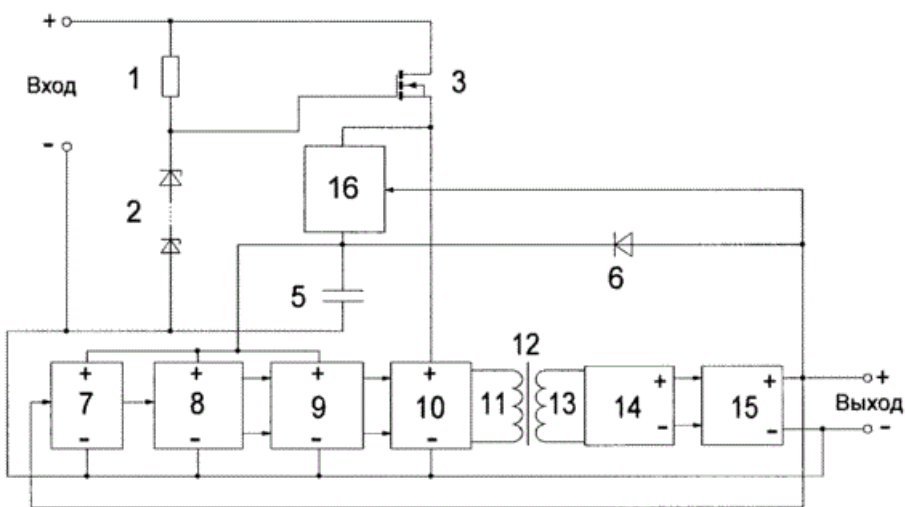
Преобразователь электрической энергии с высоким диапазоном входного напряжения, содержащий первый резисторный блок, первый вывод которого соединен со стоком полевого транзистора с изолированным затвором, образуя положительный вход преобразователя, а второй вывод подключен к катоду блока стабилитронов и затвору транзистора, исток которого соединен с выводом высоковольтного питания полумостового инвертора и входом отключаемого источника тока, выход которого подключен к первому выводу конденсатора, катоду диода и выводам положительного питания блока обратной связи, блока широтно-импульсной модуляции и драйвера полумостового инвертора, выход блока обратной связи подключен к входу блока широтно-импульсной модуляции с двухтактным выходом, выводы которого подсоединены к входам драйвера полумостового инвертора, выходы которого подключены к входам полумостового инвертора, к выходам которого подсоединена первичная обмотка трансформатора, вторичная обмотка подключена к входам выпрямителя, выходы которого подключены к входам индуктивно-емкостного фильтра, положительный выход фильтра подключен к аноду диода, выводу управления отключаемого источника тока и входу блока обратной связи, образуя положительный выход преобразователя, при этом выводы отрицательного питания блока обратной связи, блока широтно-импульсной модуляции, драйвера полумостового инвертора, полумостового инвертора, фильтра, второго вывода конденсатора и анода блока стабилитронов объединены, образуя отрицательные вход и выход преобразователя.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ВЫСОКИМ  
 ДИАПАЗОНОМ ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ.



Фиг. 1

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ВЫСОКИМ  
 ДИАПАЗОНОМ ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ.



Фиг. 2