



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012141658/07, 01.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.10.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
16.07.2012 US 13/539,984

(43) Дата публикации заявки: 10.04.2014 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 20.05.2016 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2411627 С1, 10.02.2011. RU 2269196 С1, 27.01.2006. UA 37698 U, 10.12.2008. DE 19720787 А1, 19.11.1999. CN 101572503 А, 04.11.2009. US 6697271 В2, 24.02.2004. EP 1253706 А1, 30.10.2002.

Адрес для переписки:

119019, Москва, Гоголевский бульвар, 11, этаж  
3, "Гоулингз Интернэшнл Инк.", Дементьеву  
Владимиру Николаевичу

(72) Автор(ы):

**БАРБОСА Питер (CN)**

(73) Патентообладатель(и):

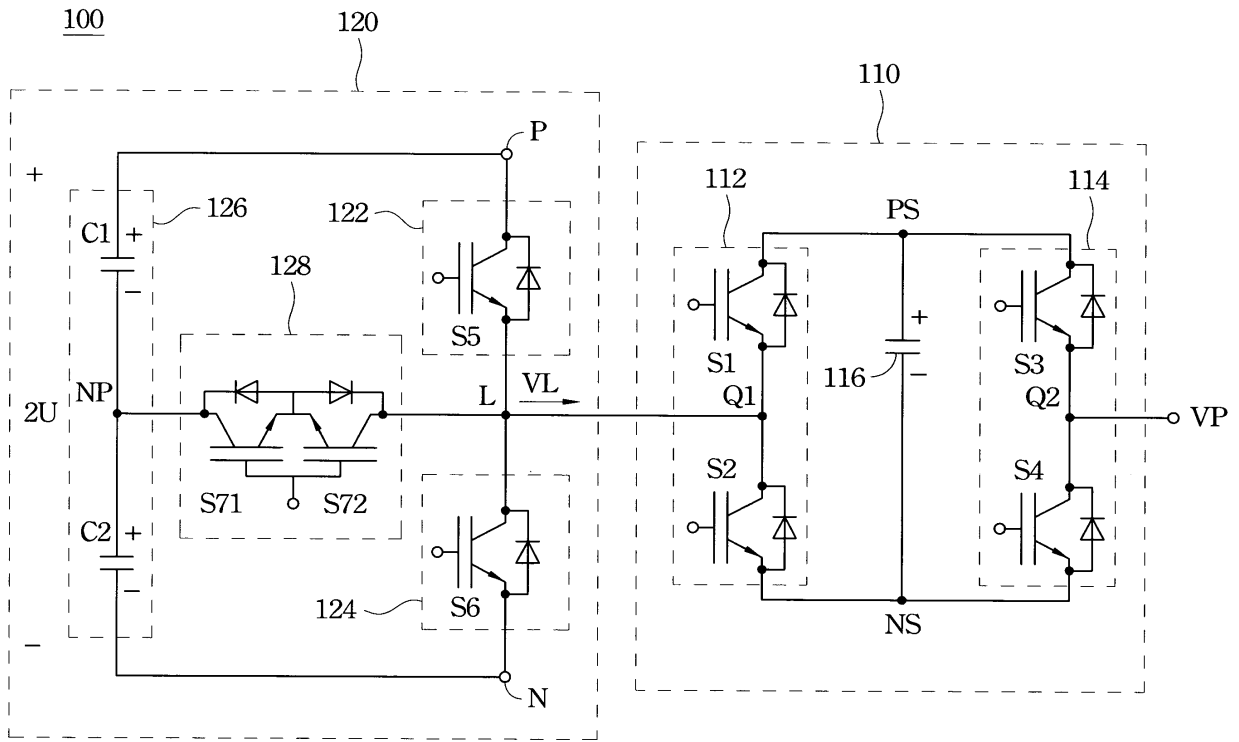
**ДЕЛТА ЭЛЕКТРОНИКС, ИНК. (CN)**

**(54) МНОГОСТУПЕНЧАТЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в приводах с регулируемой скоростью, ветровых турбогенераторах и в системах распределения электрической энергии. Техническим результатом является упрощение при управлении преобразователем. Многоуровневый преобразователь напряжения содержит многоточечный преобразовательный контур и по меньшей мере один мостовой инвертор. Многоточечный преобразовательный контур

выполнен с возможностью преобразования постоянного напряжения в промежуточное многоуровневое напряжение. Мостовой инвертор электрически подключен последовательно с многоточечным преобразовательным контуром и сконфигурирован для получения промежуточного многоуровневого напряжения, чтобы вырабатывать многоуровневое выходное напряжение, соответствующее однофазному выходу. 7 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 2584876 C2

RU 2584876 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02M 7/483* (2007.01)  
*H02M 7/537* (2007.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012141658/07, 01.10.2012

(24) Effective date for property rights:  
01.10.2012

Priority:  
(30) Convention priority:  
16.07.2012 US 13/539,984

(43) Application published: 10.04.2014 Bull. № 10

(45) Date of publication: 20.05.2016 Bull. № 14

Mail address:  
119019, Moskva, Gogolevskij bulvar, 11, etazh 3,  
"Goulingz Interneshnl Ink.", Dementevu Vladimiru  
Nikolaevichu

(72) Inventor(s):  
**BARBOSA Peter (CN)**

(73) Proprietor(s):  
**DELTA ELEKTRONIKS, INK. (CN)**

**(54) MULTISTAGE VOLTAGE CONVERTER (VERSIONS)**

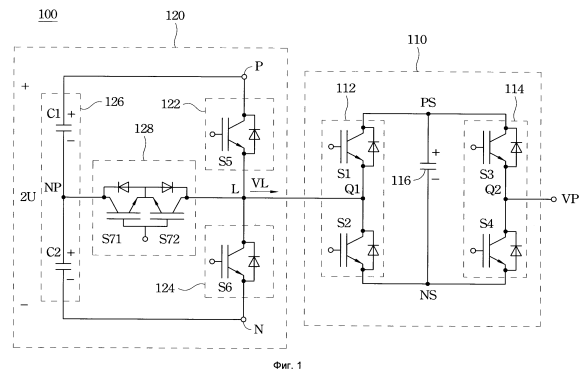
(57) Abstract:

FIELD: electronic equipment.

SUBSTANCE: invention can be used in drives with variable speed, wind turbine generators and electric power distribution systems. Multilevel voltage converter comprises a multi-point converter circuit and at least one bridge inverter. Multi-point conversion circuit is configured to convert DC voltage into an intermediate multilevel voltage. Bridge inverter is electrically connected in series with multi-point converter circuit and is configured to obtain an intermediate multilevel voltage to generate multilevel output voltage corresponding to single-phase output.

EFFECT: simplified control of converter.

8 cl, 3 dwg



RU 2 584 876 C 2

RU 2 584 876 C 2

### Область техники

Настоящее изобретение в общем имеет отношение к созданию преобразователей. Более конкретно, настоящее изобретение имеет отношение к созданию многоуровневых преобразователей напряжения.

#### 5 Уровень техники

10 Существует растущая потребность в силовых системах преобразования напряжения, которые позволяют создавать желательные выходные напряжения и имеют хорошие спектральные характеристики и хорошее регулирование. Уже известен способ получения желательных выходных уровней напряжения силовой системы преобразования, в котором используют топологию многоуровневого силового преобразователя.

Топологию многоуровневого силового преобразователя уже широко используют для силовых применений, таких как системы привода с регулируемой скоростью (VSD), ветровые турбогенераторы, системы распределения электрической энергии и т.п. Силовые напряжения с большим числом уровней напряжения применяют для того, чтобы синтезировать колебания с лучшим гармоническим спектром. Другими словами, многоуровневые преобразователи позволяют обеспечивать желательное напряжение и минимизировать индуцированные гармоники.

15 Однако типичный многоуровневый преобразователь имеет пределы выработки выходного силового напряжения с увеличенным числом уровней напряжения, и, таким образом, его трудно регулировать. Кроме того, так как число уровней преобразования, которые требуются в любой топологии многоуровневого преобразователя, зависит от желательных уровней выходного напряжения, увеличение числа уровней преобразования также повышает сложность управления и стоимость схем преобразования.

#### Раскрытие изобретения

25 В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения предлагается многоуровневый преобразователь напряжения. Многоуровневый преобразователь напряжения содержит многоточечный преобразовательный контур и по меньшей мере один мостовой инвертор. Многоточечный преобразовательный контур сконфигурирован для преобразования постоянного напряжения в промежуточное многоуровневое напряжение. Мостовой инвертор электрически подключен последовательно с многоточечным преобразовательным контуром и сконфигурирован для получения промежуточного многоуровневого напряжения, чтобы вырабатывать многоуровневое выходное напряжение, соответствующее однофазному выходу.

35 В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения предлагается многоуровневый преобразователь напряжения. Многоуровневый преобразователь напряжения содержит многоточечный преобразовательный контур и множество каскадно подключенных мостовых инверторов. Многоточечный преобразовательный контур сконфигурирован для преобразования постоянного напряжения в промежуточное трехуровневое напряжение. Каскадно подключенные мостовые инверторы электрически подключены последовательно с многоточечным преобразовательным контуром и сконфигурированы для получения промежуточного трехуровневого напряжения, чтобы вырабатывать  $(2^{n+1}+1)$ -уровневое выходное напряжение, соответствующее однофазному выходу, где  $n$  представляет собой число каскадно подключенных мостовых инверторов.

45 Указанные ранее и другие характеристики изобретения будут более ясны из последующего детального описания, приведенного со ссылкой на сопроводительные чертежи.

#### Краткое описание чертежей

На фиг.1 показана принципиальная схема многоуровневого преобразователя напряжения в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения.

На фиг.2 показана принципиальная схема многоуровневого преобразователя напряжения в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения.

5 На фиг.3 показана принципиальная схема многоуровневого преобразователя напряжения в соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

Подробное описание изобретения

В последующем описании специфические детали приведены для того, чтобы  
10 обеспечить полное понимание вариантов осуществления настоящего изобретения. Однако специалисты в данной области легко поймут, что настоящее изобретение может быть реализовано на практике без одной или нескольких таких специфических деталей или в комбинации с другими компонентами. Кроме того, хорошо известные виды реализации или операции не показаны на чертежах и не описаны подробно, чтобы не  
15 затемнять аспекты различных вариантов осуществления настоящего изобретения.

Использованные в описании настоящего изобретения термины имеют обычное значение, принятое в данной области и в специфическом контексте, в котором  
использован каждый такой термин. Использование примеров в любом месте данного описания, в том числе и примеров любых указанных терминов, является только  
20 пояснительным и никоим образом не ограничивает объем и смысл данного описания или любого приведенного в качестве примера термина. Аналогично, данное описание не ограничено различными вариантами осуществления, приведенными в нем.

Использованные здесь термины "около", "почти", "приблизительно" или "в основном" обычно означают отклонение в пределах 20%, преимущественно в пределах 10%, а  
25 предпочтительнее в пределах 5% от заданного значения или диапазона. Приведенные здесь численные величины являются приблизительными, так что термины "около", "почти", "приблизительно" или "в основном" могут быть добавлены к ним, если это еще не было сделано.

Также следует иметь в виду, что, несмотря на то, что термины "первый", "второй" и  
30 т.п. могут быть использованы для описания различных элементов, эти элементы не ограничены этими терминами. Эти термины использованы только для того, чтобы отличить один элемент от другого. Поэтому, например, первый элемент может быть назван вторым элементом и аналогично второй элемент может быть назван первым элементом, что не выходит за рамки вариантов осуществления настоящего изобретения.  
35 Использованный здесь термин "и/или" содержит любые и все комбинации двух или более связанных перечисленных элементов.

Использованные здесь термины "содержащий", "включающий в себя", "имеющий", "содержащий в себе", "относящийся" и т.п. следует понимать как незавершенные, то есть как содержащие, но без ограничения.

40 Приведенное везде в описании изобретения выражение "один вариант осуществления" или "вариант осуществления" означает, что специфический признак, структура, вид реализации или характеристика, описанные в соответствии с вариантом осуществления, включены по меньшей мере в один вариант осуществления настоящего изобретения. Таким образом, использование фраз "в одном варианте осуществления" или "в варианте  
45 осуществления" в различных местах описания изобретения не является необходимым, когда речь идет об одном и том же варианте осуществления. Более того, различные признаки, структуры, виды реализации или характеристики могут быть скомбинированы любым подходящим образом в одном или нескольких вариантах осуществления.

В последующем описании и в формуле изобретения могут быть использованы термины "связанный" и "подключенный" вместе с их производными. В специфических вариантах осуществления термины "связанный" и "подключенный" могут быть использованы для указания на то, что два или несколько элементов имеют прямой физический или электрический контакт друг с другом, или для указания на то, что два или несколько элементов имеют косвенный контакт друг с другом. Кроме того, термины "связанный" и "подключенный" могут быть использованы для указания на то, что два или несколько элементов взаимодействуют друг с другом.

На фиг.1 показана принципиальная схема многоуровневого преобразователя напряжения в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения. Многоуровневый преобразователь напряжения 100 содержит по меньшей мере один мостовой инвертор 110 и многоточечный преобразовательный контур 120 (то есть N-точечный преобразовательный контур). Многоточечный преобразовательный контур 120 сконфигурирован для преобразования постоянного напряжения  $2U$  в промежуточное многоуровневое напряжение  $VL$ . Мостовой инвертор 110 электрически соединен последовательно с многоточечным преобразовательным контуром 120, имеет однофазный выход и сконфигурирован для получения промежуточного многоуровневого напряжения  $VL$ , чтобы вырабатывать многоуровневое выходное напряжение  $VP$ , соответствующее однофазному выходу.

Для упрощения объяснения функциональных возможностей и работы однофазного многоуровневого преобразователя напряжения, который может иметь множество выходных фаз, последовательное соединение многоточечного преобразовательного контура с мостовым инвертором в описании настоящего изобретения показано просто для однофазного многоуровневого преобразователя напряжения. Другими словами, могут быть использованы три контура (каждый из которых может быть сконфигурирован так, как это показано на фиг.1, или на фиг.2, или на фиг.3, описанных ниже), электрически включенные в параллель на стороне постоянного тока, чтобы образовать многоуровневый преобразователь напряжения в виде трехфазного преобразователя напряжения.

В данном варианте осуществления мостовой инвертор 110 дополнительно содержит первую переключающую пару 112, вторую переключающую пару 114 и схему 116 поддержки напряжения. Первая переключающая пара 112 содержит два переключающих прибора  $S1$  и  $S2$ , соединенных последовательно в первичном узле  $Q1$  между положительным узлом  $PS$  и отрицательным узлом  $NS$ . Вторая переключающая пара 114 содержит два переключающих прибора  $S3$  и  $S4$ , соединенных последовательно во вторичном узле  $Q2$  между положительным узлом  $PS$  и отрицательным узлом  $NS$ , причем второй узел  $Q2$  соединен с выходом многоуровневого выходного напряжения  $VP$ . Схема 116 поддержки напряжения электрически подключена параллельно первой переключающей паре 112 и второй переключающей паре 114 между положительным узлом  $PS$  и отрицательным узлом  $NS$ .

На практике схемой 116 поддержки напряжения может быть конденсатор, источник постоянного напряжения и т.п., которые способны поддерживать постоянное напряжение в течение достаточного периода времени, а каждый из переключающих приборов  $S1$ ,  $S2$ ,  $S3$  и  $S4$  может быть выполнен в виде переключателя, выбранного из группы, в которую входят биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT), управляемый тиристор с объединенным затвором (IGCT), силовой МОП-транзистор, биполярный плоскостной транзистор и т.п., с диодом, подключенным встречно-параллельно каждому переключателю. Более того, как первая переключающая пара

112, так и вторая переключающая пара 114 может быть выполнена в виде IGBT модуля, содержащего два IGBT, с соответствующими диодами, включенными встречно-параллельно им.

5 Что касается конфигурации мостового инвертора 110, то следует иметь в виду, что мостовой инвертор 110 благодаря своей модульной конфигурации обеспечивает гибкость, позволяющую легко производить расширение числа уровней без усложнения силовой цепи.

С другой стороны, многоточечный преобразовательный контур 120 может дополнительно содержать первый переключаемый блок 122, второй  
10 переключаемый блок 124, промежуточный блок 126 и третий переключаемый блок 128. Второй переключаемый блок 124 электрически подключен последовательно с первым переключаемым блоком 122 на промежуточной выходной клемме L, а промежуточная выходная клемма L подключена к первичному узлу Q1 мостового инвертора 110 и имеет промежуточное многоуровневое напряжение VL, поступающее  
15 на выход, причем первый переключаемый блок 122 подключен между промежуточной выходной клеммой L и положительной клеммой P источника постоянного тока, а второй переключаемый блок 124 подключен между промежуточной выходной клеммой L и отрицательной клеммой N источника постоянного тока. Промежуточный блок 126 содержит два конденсатора C1 и C2, электрически подключенные  
20 последовательно в нейтральной точке NP между положительной клеммой P и отрицательной клеммой N источника постоянного тока, и параллельно последовательному соединению первого переключаемого блока 122 и второго переключаемого блока 124. Кроме того, третий переключаемый блок 128 электрически подключен между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной  
25 точкой NP.

В данном варианте осуществления первый переключаемый блок 122 дополнительно содержит переключающий прибор S5, а второй переключаемый блок 124 дополнительно содержит переключающий прибор S6, причем переключающий прибор S5 и переключающий прибор S6 подключены последовательно к промежуточной  
30 выходной клемме L между положительной клеммой P и отрицательной клеммой N источника постоянного тока.

Более того, третий переключаемый блок 128 может дополнительно содержать два переключающих прибора S71 и S72 подключенных встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP. Встречно-  
35 последовательное соединение переключающих приборов S71 и S72 сконфигурировано так, чтобы ток протекал в двух противоположных направлениях между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP.

Первый переключаемый блок 122, второй переключаемый блок 124 и третий переключаемый блок 128 расположены параллельно друг другу между  
40 промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, так что конфигурация многоточечного преобразовательного контура 120 имеет три пути коммутации между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, причем каждый из путей коммутации является коротким и поэтому легко управляемым.

На практике каждый из переключающих приборов S5, S6, S71 и S72 может быть  
45 выполнен в виде переключателя, выбранного из группы, в которую входят IGBT, IGCT, силовой МОП-транзистор, биполярный плоскостной транзистор и т.п., с диодом, включенным встречно-параллельно каждому переключателю. Более того, каждый первый переключаемый блок 122, второй переключаемый блок 124 и третий

переключательный блок 128 также может быть выполнен виде IGBT модуля.

В соответствии с конфигурацией многоточечного преобразовательного контура 120 многоточечный преобразовательный контур 120 при работе может иметь множество путей коммутации между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, причем каждый из путей коммутации является коротким и поэтому легко управляемым. Кроме того, конфигурация многоточечного преобразовательного контура 120 также позволяет иметь модульную конструкцию, так что не требуются сложные схемные решения и поэтому компоновка схем упрощается. Дополнительно, конфигурация многоточечного преобразовательного контура 120 упрощает конструкцию шины, так как пути переключения (например, путь, образованный от нейтральной точки NP до промежуточной выходной клеммы L) упрощаются по сравнению с путями в стандартном многоточечном преобразовательном контуре.

При работе, если полагать, что каждый из конденсаторов C1 и C2 позволяет поддерживать напряжение U, многоточечный преобразовательный контур 120 имеет три стадии переключения. В первой стадии переключения переключающий прибор S5 включен, а переключающие приборы S6, S71, S72 выключены и промежуточное многоуровневое напряжение VL становится равным U. Во второй стадии переключения переключающие приборы S71, S72 включены, а переключающие приборы S5, S6 выключены и промежуточное многоуровневое напряжение VL становится равным нулю. В третьей стадии переключения переключающий прибор S6 включен, а переключающие приборы S5, S71, S72 выключены и промежуточное многоуровневое напряжение VL становится равным -U.

Более того, если полагать, что схема 116 поддержки напряжения позволяет поддерживать напряжение  $U/2$ , то многоуровневое выходное напряжение VP имеет пять уровней напряжения (то есть U,  $U/2$ , 0,  $-U/2$ , -U) в соответствии с работой многоточечного преобразовательного контура 120 и мостового инвертора 110. В частности, когда переключающий прибор S5 включен и когда переключающие приборы S1 и S3 включены, тогда многоуровневое выходное напряжение VP становится равным U. Когда переключающий прибор S5 включен и когда переключающие приборы S1 и S4 включены, тогда многоуровневое выходное напряжение VP становится равным  $U/2$ . Когда переключающие приборы S71, S72 включены и когда переключающие приборы S1 и S3 включены, тогда многоуровневое выходное напряжение VP становится равным нулю; уровни напряжения  $-U/2$  и -U могут быть получены аналогичным образом (например, когда переключающий прибор S6 включен). Вышеупомянутые операции легко могут быть поняты специалистами в данной области, поэтому они здесь дополнительно подробно не описаны.

На фиг.2 показана принципиальная схема многоуровневого преобразователя напряжения в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения. Как это показано на фиг.2, многоуровневый преобразователь напряжения 200 содержит мостовой инвертор 110 и многоточечный преобразовательный контур 220, причем соединения и работа мостового инвертора 110 и многоточечного преобразовательного контура 220 аналогичны описанным выше со ссылкой на фиг.1, так же как и соединения первого переключательного блока 222, второго переключательного блока 224, промежуточного блока 126 и третьего переключательного блока 228 аналогичны описанным выше со ссылкой на фиг.1.

В данном варианте осуществления, по сравнению с фиг.1, первый переключательный блок 222 дополнительно содержит множество переключающих приборов (например, S51, S52, S53, S54), электрически подключенных последовательно к промежуточной

выходной клемме L, второй переключательный блок 224 дополнительно содержит множество переключающих приборов (например, S61, S62, S63, S64), электрически подключенных последовательно к промежуточной выходной клемме L, а третий переключательный блок 228 дополнительно содержит две группы переключающих приборов, которые подключены встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, причем каждая из двух групп содержит множество переключающих приборов, электрически подключенных последовательно (например, одна группа содержит переключающие приборы S71, S72, а другая группа содержит переключающие приборы S73, S74).

В частности, переключающие приборы S51, S52, S53, S54 соединены последовательно с конденсатором C1 между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, чтобы образовать один путь коммутации, переключающие приборы S61, S62, S63, S64 соединены последовательно с конденсатором C2 между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, чтобы образовать другой путь коммутации, а группа, содержащая переключающие приборы S71, S72, и другая группа, содержащая переключающие приборы S73, S74, подключены встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, чтобы образовать еще один путь коммутации, так чтобы ток протекал в противоположных направлениях между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, причем каждый из указанных путей коммутации является коротким и легко управляемым.

В одном варианте осуществления число последовательно включенных переключающих приборов в каждом первом переключательном блоке 222 и втором переключательном блоке 224 может быть увеличено до любого числа, которое в 2 раза выше числа последовательно включенных переключающих приборов в каждой из двух групп переключающих приборов в третьем переключательном блоке 228, чтобы блокировать напряжение, которое в 2 раза выше напряжения на каждом из переключающих приборов S1, S2, S3 и S4.

На практике каждый из переключающих приборов S51-S54, S61-S64, S71-S74 может быть выполнен в виде переключателя, выбранного из группы, в которую входят IGBT, IGCT, силовой МОП-транзистор, биполярный плоскостной транзистор и т.п., с диодом, включенным встречно-параллельно каждому переключателю. Более того, каждый первый переключательный блок 222, второй переключательный блок 224 и третий переключательный блок 228 также может быть выполнен в виде IGBT модуля.

Работа многоуровневого преобразователя напряжения 200 аналогична работе, описанной здесь выше со ссылкой на фиг.1, так что специалисты в данной области легко могут это понять, и поэтому она дополнительно здесь не описана подробно.

На фиг.3 показана принципиальная схема многоуровневого преобразователя напряжения в соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения. Многоуровневый преобразователь напряжения 300 содержит множество каскадно подключенных мостовых инверторов (то есть мостовых инверторов 3101, 3102, 310n) и многоточечный преобразовательный контур 320. Многоточечный преобразовательный контур 120 сконфигурирован для преобразования постоянного напряжения (например, напряжения 2U) в промежуточное трехуровневое напряжение VL (например, напряжение VL с уровнями U, 0 и -U). Каскадно подключенные мостовые инверторы 3101, 3102, 310n электрически подключены последовательно с многоточечным преобразовательным контуром 320 на однофазный выход и сконфигурированы так, чтобы при получении промежуточного трехуровневого напряжения VL вырабатывать  $(2^{n+1}+1)$ -уровневое выходное напряжение VP на однофазном выходе, причем n

представляет собой число каскадно подключенных мостовых инверторов.

Каждый из каскадно подключенных мостовых инверторов может дополнительно содержать первую переключающую пару 312, вторую переключающую пару 314 и схему 316 поддержки напряжения. Первая переключающая пара 312 содержит два переключательных блока S11 и S21, подключенных последовательно к первичному узлу (например, к Q11). Вторая переключающая пара 314 содержит два переключательных блока S31 и S41, подключенных последовательно ко вторичному узлу (например, к Q21), причем вторичный узел соединен с первичным узлом следующего мостового инвертора (например, вторичный узел Q21 мостового инвертора 3101 соединен с первичным узлом Q12 мостового инвертора 3102). Схема 316 поддержки напряжения электрически подключена параллельно первой переключающей паре 312 и второй переключающей паре 314.

В данном варианте осуществления первичный узел первого одного из каскадно подключенных мостовых инверторов (то есть первичный узел Q11 мостового инвертора 3101) сконфигурирован для получения промежуточного трехуровневого напряжения VL, а вторичный узел последнего одного из каскадно подключенных мостовых инверторов (то есть вторичный узел Q2n мостового инвертора 310n) сконфигурирован для подачи на выход  $(2^{n+1}+1)$ -уровневого выходного напряжения. Другими словами, число мостовых инверторов может быть увеличено в соответствии с практическими потребностями, так чтобы увеличить число уровней напряжения многоуровневого преобразователя 300 напряжения, при этом форма колебаний на выходе многоуровневого преобразователя 300 напряжения приближается к чистому синусоидальному колебанию, что приводит к уменьшению гармоник в каждой фазе выходного напряжения.

Кроме того, каждый из переключательных блоков в первой переключающей паре 312 и во второй переключающей паре 314 представляет собой мостовой инвертор  $i$ -того порядка (то есть мостовой инвертор 310i), причем каждый из каскадно подключенных мостовых инверторов может дополнительно содержать  $2^{(n-i)}$  переключательных приборов, где  $i=1, 2, 3, \dots, n$ . В частности, каждый из переключательных блоков S1i, S2i, S3i и S4i содержит  $2^{(n-i)}$  переключательных приборов, соединенных последовательно с первичным узлом или со вторичным узлом, чтобы переключательные блоки S1n, S2n, S3n и S4n могли блокировать самое низкое напряжение  $U/2^n$  в многоуровневом преобразователе 300 напряжения.

Аналогично, многоточечный преобразовательный контур 320 может дополнительно содержать первый переключательный блок S5, второй переключательный блок S6, промежуточный блок 326 и третий переключательный блок S7. Второй переключательный блок S6 электрически подключен последовательно с первым переключательным блоком S5 в промежуточной выходной клемме L, а промежуточная выходная клемма L соединена с первичным узлом первого одного из каскадно подключенных мостовых инверторов, то есть с первичным узлом Q11 мостового инвертора 3101, для подачи на выход промежуточного трехуровневого напряжения VL, причем первый переключательный блок S5 подключен между промежуточной выходной клеммой L и положительной клеммой P источника постоянного тока, а второй переключательный блок S6 подключен между промежуточной выходной клеммой L и отрицательной клеммой N источника постоянного тока. Промежуточный блок 326 содержит два конденсатора C1 и C2, электрически подключенные последовательно в нейтральной точке NP между положительной клеммой P и отрицательной клеммой N

источника постоянного тока и параллельно последовательному соединению первого переключательного блока S5 и второго переключательного блока S6. Более того, третий переключательный блок S7 электрически подключен между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP.

5 В одном варианте осуществления каждый первый переключательный блок S5 и второй переключательный блок S6 может содержать единственный переключающий прибор, подключенный к промежуточной выходной клемме L, что аналогично показанному на фиг.1. Более того, третий переключательный блок S7 может  
10 дополнительно содержать два переключающих прибора, подключенных встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, что также аналогично показанному на фиг.1.

В другом варианте осуществления каждый первый переключательный блок S5 и второй переключательный блок S6 может дополнительно содержать множество переключающих приборов, электрически подключенных к промежуточной выходной  
15 клемме VL, что аналогично показанному на фиг.2.

Более того, третий переключательный блок S7 может дополнительно содержать две группы переключающих приборов, которые подключены встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой L и нейтральной точкой NP, причем каждая из двух групп содержит множество переключающих приборов, электрически  
20 подключенных последовательно, что также аналогично показанному на фиг.2.

В еще одном варианте осуществления число последовательно подключенных переключающих приборов в каждом первом переключательном блоке S5 и втором переключательном блоке S6 равно  $2^{(n+1)}$ , а число последовательно подключенных переключающих приборов в каждой из двух групп переключающих приборов в третьем  
25 переключательном блоке S7 равно  $2^n$ , для того, чтобы блокировать напряжение, которое в несколько раз выше напряжения на каждом из переключающих приборов S1n, S2n, S3n и S4n.

Таким образом, как уже было указано здесь выше, каждый из переключательных блоков S1i, S2i, S3i, S4i, S5, S6 и S7 может содержать соответствующее число  
30 переключающих приборов, выбранное в соответствии с практической потребностью. Например, в том случае, когда имеются два каскадно подключенных мостовых инвертора (то есть  $n=2$ ), которые соединены последовательно с многоточечным преобразовательным контуром 320, каждый из переключательных блоков S12, S22,  
35 S32, S42 в мостовом инверторе 3102 может иметь единственный переключающий прибор, а каждый из переключательных блоков S11, S21, S31, S41 в мостовом инверторе 3101 может иметь два переключающих прибора, подключенных последовательно, при этом каждый первый переключательный блок S5 и второй переключательный блок S6 в многоточечном преобразовательном контуре 320 может иметь восемь переключающих  
40 приборов, подключенных последовательно, а каждая из двух подключенных встречно-последовательно групп в третьем переключательном блоке S7 может иметь четыре переключающих прибора.

На практике каждый из вышеупомянутых переключающих приборов может быть выполнен в виде переключателя, выбранного из группы, в которую входят IGBT, IGCT, силовой МОП-транзистор, биполярный плоскостной транзистор и т.п., с диодом,  
45 включенным встречно-параллельно каждому переключателю, причем каждый из вышеупомянутых переключательных блоков также может быть выполнен в виде одного или нескольких IGBT модулей.

Функционирование многоуровневого преобразователя напряжения 300 происходит

аналогично преобразователю, показанному на фиг.1, так что это легко может быть понято специалистами в данной области и поэтому не описано здесь более подробно.

В описанных здесь выше вариантах осуществления многоуровневый преобразователь напряжения в соответствии с настоящим изобретением не только легко может быть сконфигурирован так, чтобы иметь такое число мостовых инверторов, которое позволяет увеличить число уровней напряжения многоуровневого преобразователя напряжения, так чтобы выходное колебание многоуровневого преобразователя напряжения приближалось к чистой синусоиде, что приводит к понижению гармоник в каждой фазе выходного напряжения, но также может быть сконфигурирован так, чтобы иметь множество путей коммутации за счет использования многоточечного преобразовательного контура, причем каждый из путей коммутации является коротким и поэтому легко управляемым, так что переключающие пути упрощаются.

Кроме того, многоточечный преобразовательный контур и мостовой инвертор могут иметь модульную конфигурацию, что обеспечивает гибкость для легкого расширения числа уровней без чрезмерного усложнения силовой цепи.

Специалисты в данной области легко поймут, что вышеприведенные варианты осуществления настоящего изобретения являются скорее пояснительными, а не ограничительными, причем настоящее изобретение перекрывает все возможные модификации и аналогичные структуры, которые не выходят за рамки приложенной формулы изобретения и соответствуют его сущности, при этом объем патентных притязаний следует понимать в самой широкой возможной интерпретации.

#### Формула изобретения

1. Многоуровневый преобразователь напряжения, который содержит:  
многоточечный преобразовательный контур, выполненный с возможностью преобразования постоянного напряжения в промежуточное трехуровневое напряжение;  
и

множество каскадно подключенных мостовых инверторов, электрически подключенных последовательно с многоточечным преобразовательным контуром и сконфигурированных для получения промежуточного трехуровневого напряжения, чтобы вырабатывать  $(2^{n+1}+1)$ -уровневое выходное напряжение, соответствующее однофазному выходу, где  $n$  представляет собой число каскадно подключенных мостовых инверторов;

причем каждый из каскадно подключенных мостовых инверторов дополнительно содержит:

первую переключающую пару, которая содержит два переключательных блока, соединенных последовательно в первичном узле;

вторую переключающую пару, которая содержит два переключательных блока, соединенных последовательно во вторичном узле, причем вторичный узел соединен с первичным узлом следующего мостового инвертора; и

схему поддержки напряжения, электрически подключенную параллельно первой переключающей паре и второй переключающей паре; при этом

каждый из переключательных блоков в первой переключающей паре и во второй переключающей паре представляет собой мостовой инвертор  $i$ -того порядка каскадно подключенных мостовых инверторов, который дополнительно содержит  $2^{(n-i)}$  переключающих приборов, где  $i=1, 2, 3, \dots, n$ .

2. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 1, в котором первичный узел одного из каскадно подключенных мостовых инверторов сконфигурирован для

получения промежуточного трехуровневого напряжения, а вторичный узел последнего одного из каскадно подключенных мостовых инверторов сконфигурирован для подачи на выход  $(2^{n+1}+1)$ -уровневого выходного напряжения.

3. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 1, в котором многоточечный преобразовательный контур дополнительно содержит:

первый переключательный блок;

второй переключательный блок, электрически подключенный последовательно с первым переключательным блоком на промежуточной выходной клемме, соединенной с первичным узлом первого одного из каскадно подключенных мостовых инверторов, причем промежуточная выходная клемма служит для подачи на выход промежуточного трехуровневого напряжения;

промежуточный блок, который содержит два конденсатора, электрически подключенных последовательно в нейтральной точке и параллельно последовательному соединению первого переключательного блока и второго переключательного блока;

и третий переключательный блок, электрически подключенный между промежуточной выходной клеммой и нейтральной точкой.

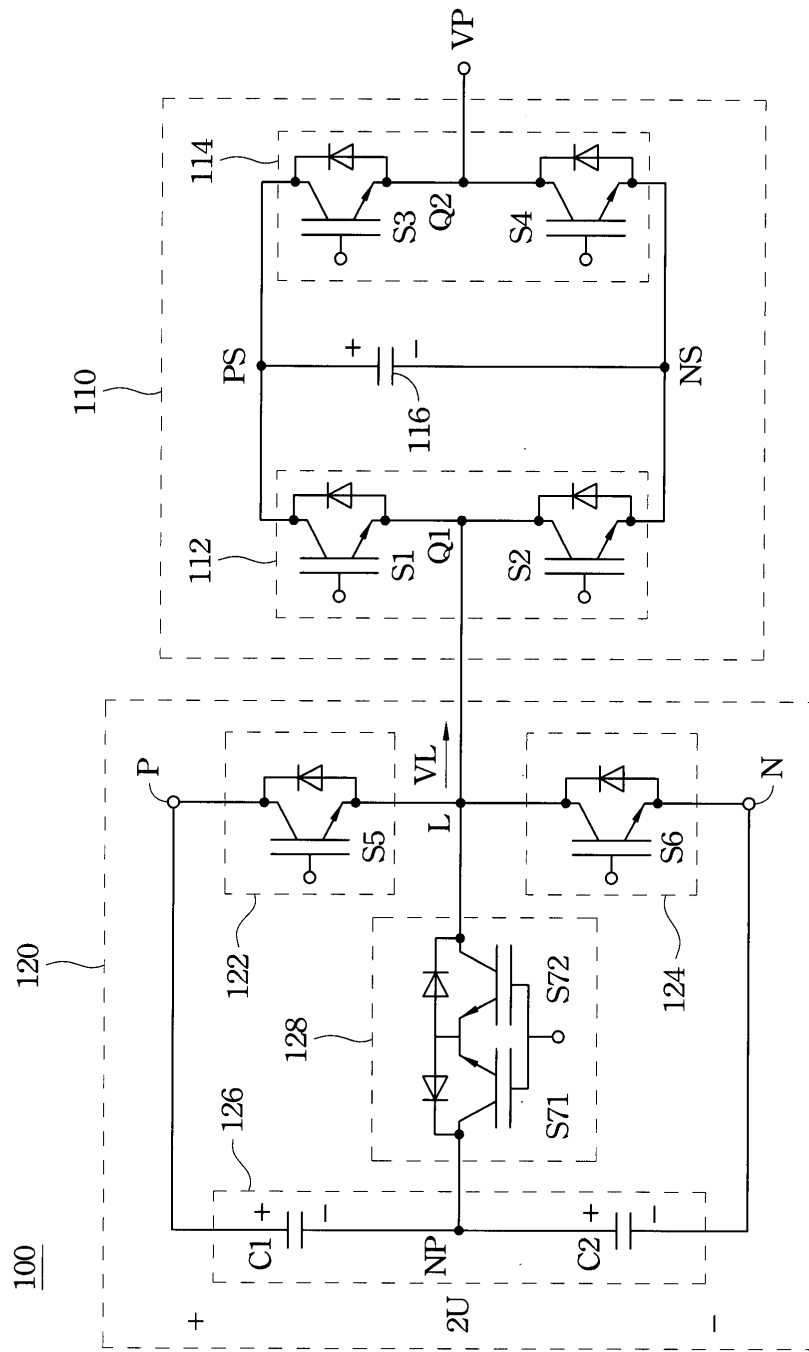
4. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 3, в котором первый переключательный блок и второй переключательный блок дополнительно содержат переключающий прибор, соединенный с промежуточной выходной клеммой.

5. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 4, в котором третий переключательный блок дополнительно содержит два переключающих прибора, подключенных встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой и нейтральной точкой.

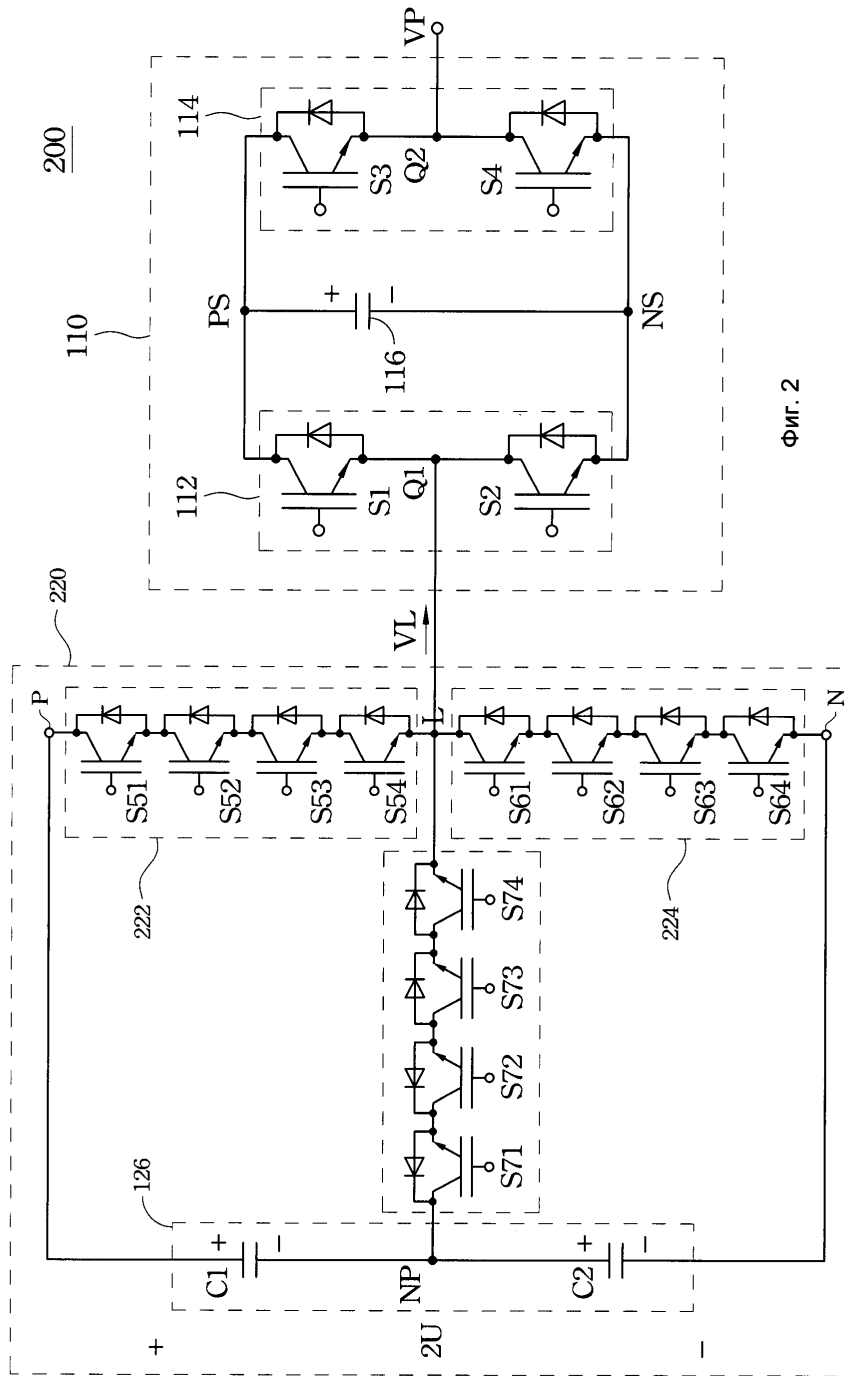
6. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 3, в котором первый переключательный блок и второй переключательный блок дополнительно содержат множество переключающих приборов, электрически подключенных последовательно к промежуточной выходной клемме.

7. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 6, в котором третий переключательный блок дополнительно содержит две группы переключающих приборов, которые подключены встречно-последовательно между промежуточной выходной клеммой и нейтральной точкой, причем каждая из двух групп содержит множество переключающих приборов, электрически подключенных последовательно.

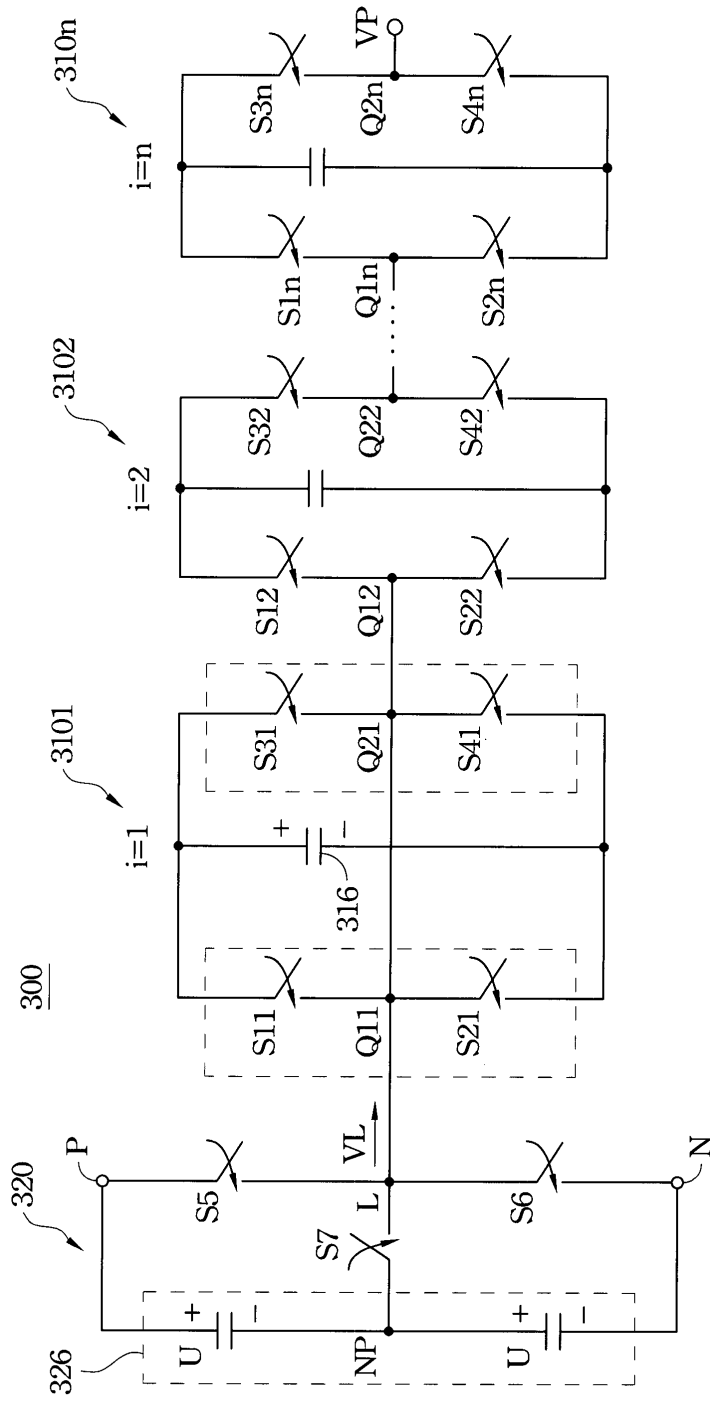
8. Многоуровневый преобразователь напряжения по п. 7, в котором число подключенных последовательно переключающих приборов в каждом первом переключательном блоке и втором переключательном блоке равно  $2^{(n+1)}$ , а число подключенных последовательно переключающих приборов в каждой из двух групп переключающих приборов равно  $2^n$ .



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

3/3