



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010123198/07, 07.06.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.06.2010

(45) Опубликовано: 20.06.2011 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2316884 C2, 10.02.2008. SU 1796082 A3,  
15.02.1993. US 1796082 A3, 23.02.1999.

Адрес для переписки:

197046, Санкт-Петербург,  
Каменноостровский пр., 1/3, оф.30, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры", рег.№ 257

(72) Автор(ы):

Кириков Станислав Олегович (RU),  
Ким Юн Юк (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной  
ответственностью "Научно-  
исследовательская компания "Фаст" (RU)

## (54) ФАЗОСДВИГАЮЩИЙ ИНВЕРТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

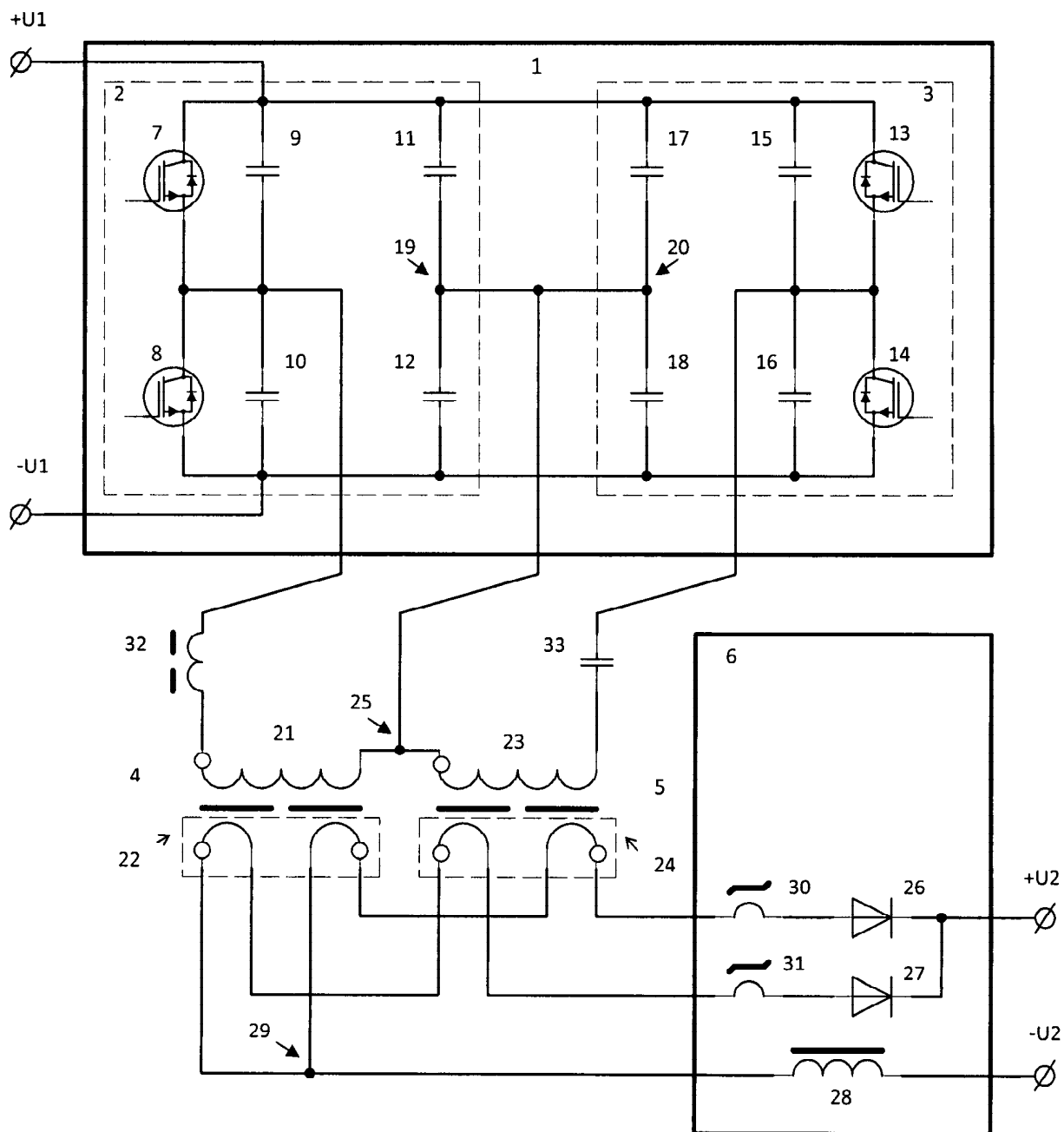
(57) Реферат:

Изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано, в частности, для электросварки. Достижимый технический результат - снижение динамических потерь в транзисторах фазосдвигающего инверторного преобразователя путем обеспечения условий их мягкой коммутации при изменении тока нагрузки от 0 до 100% и угла модуляции сдвига фазы от 0 до 100%. Фазосдвигающий инверторный преобразователь содержит инверторный узел (1), состоящий из двух полумостовых инверторов - первого (ведущего) (2) и второго (ведомого) (3). Полумостовые инверторы (2) и (3) соединены параллельно по входам питания (+U1, -U1) и последовательно - по силовым выходам. Фазосдвигающий инверторный преобразователь также содержит первый и второй трансформаторы (4) и (5), соответственно, и выпрямительный узел 6, выход которого является выходом преобразователя (+U2, -U2). Первый

полумостовой инвертор (2) выполнен на силовых транзисторах (7) и (8). В состав первого полумостового инвертора (2) также входят резонансные конденсаторы (9) и (10), параллельно подключенные, соответственно, к силовым электродам транзисторов (7) и (8), а также входят силовые разделительные конденсаторы (11) и (12), соединенные между собой последовательно, и их цепочка подсоединена параллельно к входам питания (+U1, -U1). Второй полумостовой инвертор (3) выполнен на силовых транзисторах (13) и (14). В состав второго полумостового инвертора (3), также входят резонансные конденсаторы (15) и (16), параллельно подключенные, соответственно, к силовым электродам транзисторов (13) и (14), а также входят силовые разделительные конденсаторы (17) и (18), соединенные между собой последовательно, и их цепочка подсоединена параллельно к входам питания (+U1, -U1). Межконденсаторные точки (19) и (20) силовых разделительных конденсаторов (11), первого и второго полумостового инвертора,

соответственно, соединены между собой. Конец первичной обмотки (21) и начало первичной обмотки (23), первого и второго трансформаторов, соответственно, соединены между собой в точке (25), и эта точка подсоединена к соединенным между собой межконденсаторным точкам (19) и (20). В свою очередь, выход ведущего полумостового

инвертора (2) подключен к началу первичной обмотки (21) силового трансформатора (4) через дополнительную резонансную индуктивность (32), а выход ведомого полумостового инвертора (3) - к концу первичной обмотки (23) силового трансформатора (5) через компенсирующую емкость (23). 3 з.п. ф-лы, 1 ил.



RU 2421869 C1

RU 2421869 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2010123198/07, 07.06.2010**(24) Effective date for property rights:  
**07.06.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **07.06.2010**(45) Date of publication: **20.06.2011 Bull. 17**

Mail address:

**197046, Sankt-Peterburg, Kamennooostrovskij pr.,  
1/3, of.30, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij  
i Partnery", reg.№ 257**

(72) Inventor(s):

**Kirikov Stanislav Olegovich (RU),  
Kim Jun Juk (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju  
"Nauchno-issledovatel'skaja kompanija "Fast"  
(RU)**

**(54) PHASE-SHIFTING INVERTER CONVERTER**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

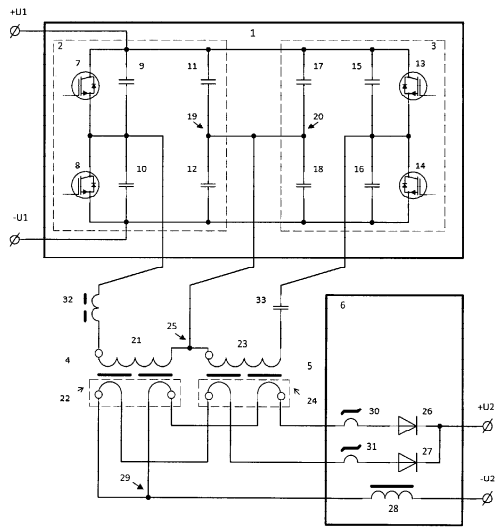
SUBSTANCE: phase-shifting inverter converter includes inverter assembly (1) consisting of two half-bridge inverters - the first (drive) (2) and the second (driven) (3) one. Half-bridge inverters (2) and (3) are parallel connected as to power inputs (+U1, -U1) and in series as to power outputs. Phase-shifting inverter converter also includes the first and the second transformers (4) and (5) respectively and rectifier unit 6 the output of which is the output of converter (+U2, -U2). The first half-bridge inverter (2) is made on power transistors (7) and (8). The first half-bridge inverter (2) also includes resonance capacitors (9) and (10) parallel connected to power electrodes of transistors of (7) and (8), as well as power separating capacitors (11) and (12) connected to each other in series, and their chain is parallel connected to power inputs (+U1, -U1). The second half-bridge inverter (3) is made on power transistors (13) and (14). The second half-bridge inverter (3) also includes resonance capacitors (15) and (16) parallel connected to power electrodes of transistors of (13) and (14), as well as power

separating capacitors (17) and (18) connected to each other in series, and their chain is parallel connected to power inputs (+U1, -U1). Inter-capacitor points (19) and (20) of power separating capacitors (11), the first and the second half-bridge inverter are connected to each other. End of primary winding (21) and beginning of primary winding (23), the first and the second transformers respectively are connected to each other at point (25), and that point is connected to inter-capacitor points (19) and (20) connected to each other. In its turn the output of drive half-bridge inverter (2) is connected to the beginning of primary winding (21) of power transformer (4) through additional resonant inductance (32), and output of driven half-bridge inverter (3) is connected to the end of primary winding (23) of power transformer (5) through balancing capacity (23).

EFFECT: reducing dynamic losses in transistors of phase-shifting inverter converter by providing conditions of their soft commutation at load current change and modulation angle of phase shift.

4 cl, 1 dwg

RU 2421869 C1



RU 2421869 C1

Изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано, преимущественно, в силовых источниках питания широкого диапазона нагрузки, в частности, для электросварки.

5 Известен мостовой фазосдвигающий инвертор [Патент US 4,864,479, опубл. 05.09.1989], имеющий ведущий и ведомый полумосты, силовой трансформатор и выпрямительный блок. С целью снижения потерь при переключении, в этом инверторе время включенного, время выключенного состояния ключей, а также время их переключения фиксированы, при этом управление выходной мощностью  
10 осуществляется модуляцией угла сдвига фазы выходных напряжений между ведущим и ведомым полумостами. Работа осуществляется так, что во время переключения ключей происходит квазирезонансный процесс. Это является следствием использования в качестве элементов колебательного контура внутренних паразитных емкостей транзисторов и индуктивности рассеяния трансформатора. Благодаря этому  
15 достигается переключение транзисторов (включение и выключение) при близких к нулевым значениям напряжений на транзисторах. Соответственно и мощность потерь переключения в транзисторах в этом случае значительно снижена. Такой режим получил название Zero Voltage Transition (ZVT) - переключение при нулевом  
20 напряжении.

В известной методике SLUP101 [Andreycak B. Designing a Phase Shifted, Zero Voltage Transition (ZVT), Texas Instruments Literature No. SLUP101 - Unitrode Power Supply Design Seminar SEM-900 topic 3, 1993 г.], посвященной расчету описанного инвертора,  
25 подробно описаны процессы ZVT и изложены рекомендации к схеме управления для оптимизации потерь на переключение. Там отмечено, что:

1) существует проблема обеспечения режима ZVT в полном диапазоне нагрузок вследствие фиксированных значений параметров элементов квазирезонансного контура, особенно на малых выходных токах преобразователя и малых углах  
30 модуляции сдвига фазы, а также в режиме холостого хода,

2) резонансные процессы в ведущем и ведомом полумостах инвертора несколько отличаются, причем достичь режима ZVT в ведущем полумосте намного сложнее.

Известен фазосдвигающий инвертор [патент US 5,875,103, опубл. 23.02.1999], частично решающий указанные проблемы. Транзисторы в его схеме имеют внешние  
35 дополнительные резонансные емкости, а каждый полумост силового инвертора нагружен на собственный трансформатор, который имеет собственную индуктивность намагничивания, обеспечивающую режим ZVT в обоих полумостах при малых углах модуляции сдвига фазы или в режиме холостого хода. Однако  
40 режим ZVT в ведущем полумосте при малых выходных токах преобразователя не достигается.

Наиболее близким по технической сущности заявляемому устройству является преобразователь напряжения [патент RU №2316884 опубл. 10.02.2008], принятый за прототип. Это устройство содержит два инверторных блока на силовых транзисторах,  
45 соединенных попарно последовательно, к силовым электродам каждого из которых параллельно подключен резонансный конденсатор. К каждому инверторному блоку подсоединен трансформатор. Оба инвертора выполнены по полумостовой схеме (полумостовые инверторы). Они параллельно соединены по входам питания и  
50 последовательно - по выходам переменного тока, путем подключения к входным обмоткам своих трансформаторов и также образования двух пар выходных обмоток, последовательно-согласно соединенных между собой и противофазно подсоединенных к своему диоду выпрямителя и к фильтру. Причем магнитопроводы

обоих трансформаторов выполнены с зазором, а точки соединения силовых транзисторов обоих инверторов связаны между собой через вспомогательную индуктивность. Каждый инвертор также содержит два соединенных последовательно силовых разделительных конденсатора, и каждая цепочка конденсаторов  
5 подсоединена параллельно к входам питания. Транзисторные ключи этого преобразователя при переключениях работают практически без потерь при значительных токах нагрузки и значительных углах модуляции сдвига фазы или на холостом ходу. Однако, как и в описанном выше аналоге, в прототипе имеет место  
10 недостаточная компенсация динамических потерь в транзисторах инвертора в ведущем полумосте в тех случаях, когда выходной ток преобразователя находится в диапазоне 10..30% от предельного рабочего выходного тока, и угол модуляции сдвига фазы между полумостами также в диапазоне 0..20% от максимального угла модуляции, имеющих место в источниках питания широкого диапазона нагрузки  
15 (например, для сварки). При малом угле модуляции сдвига фазы и малом выходном токе преобразователя, энергии, запасенной в индуктивностях намагничивания полутрансформаторов и вспомогательной индуктивности оказывается недостаточно для перезарядки резонансных конденсаторов ведущего полумоста, что нарушает  
20 условия мягкой коммутации транзисторов в этом полумосте. Это приводит к значительному росту потерь в транзисторах ведущего полумоста, и резкому повышению уровня электромагнитных помех в моменты их коммутации (сбой в схемах управления, выход устройства из строя), а также присутствует значительная токовая нагрузка на разделительные емкости полумостов инвертора.

25 В основу изобретения поставлена задача расширения арсенала средств и создание фазосдвигающего инверторного преобразователя с улучшенными динамическими характеристиками.

Достижимый технический результат - снижение динамических потерь в  
30 транзисторах фазосдвигающего инверторного преобразователя путем обеспечения условий их мягкой коммутации при изменении тока нагрузки от 0 до 100% и угла модуляции сдвига фазы от 0 до 100%, кроме того, значительное снижение токовой нагрузки разделительных емкостей полумостов инвертора.

Технический результат достигается за счет изменения конструкции.

35 Фазосдвигающий инверторный преобразователь имеет в своем составе первый (ведущий) и второй (ведомый) полумостовые инверторы, соединенные, соответственно, с первым и вторым трансформаторами. Вторичные обмотки трансформаторов соединены с выпрямительным узлом, выход которого является  
40 выходом преобразователя. Преобразователь снабжен вспомогательной индуктивностью, а его полумостовые инверторы соединены параллельно по входам питания и последовательно - по силовым выходам. Каждый упомянутый инвертор содержит два соединенных последовательно силовых транзистора. К силовым электродам каждого транзистора параллельно подключен резонансный конденсатор.  
45 Также каждый инвертор содержит два соединенных последовательно силовых разделительных конденсатора. От прототипа преобразователь отличается тем, что первичные обмотки трансформаторов соединены последовательно между собой, межконденсаторные точки пар силовых разделительных конденсаторов  
50 полумостовых инверторов соединены между собой и с точкой соединения первичных обмоток трансформатора, а вспомогательная индуктивность установлена между выходом полумостового инвертора, являющегося ведущим, и первичной обмоткой первого трансформатора.

Фазосдвигающий инверторный преобразователь может быть дополнительно снабжен компенсирующей емкостью, установленной между выходом полумостового инвертора, являющегося ведомым, и первичной обмоткой второго трансформатора и может быть снабжен демпфирующими индуктивностями, установленными последовательно с диодами выпрямительного узла.

Для того чтобы лучше продемонстрировать отличительные особенности изобретения в качестве примера, не имеющего какого-либо ограничительного характера, ниже описан предпочтительный вариант реализации заявляемого преобразователя. Пример иллюстрируется чертежом, на котором представлена электрическая схема фазосдвигающего инверторного преобразователя.

Фазосдвигающий инверторный преобразователь напряжения содержит инверторный узел 1, состоящий из двух полумостовых инверторов - первого (ведущего) полумостового инвертора 2 и второго (ведомого) полумостового инвертора 3. В контексте данной заявки полумостовые инверторы разделены на «ведущий» и «ведомый», что определяется порядком фаз коммутации силовых коммутируемых элементов (транзисторов). Полумостовые инверторы 2, 3 соединены параллельно по входам питания (+U1, -U1) и последовательно - по силовым выходам. Фазосдвигающий инверторный преобразователь также содержит первый 4 и второй 5 трансформаторы, соответственно подключенные к силовым выходам первого 2 и второго 3 полумостовых инверторов, и выпрямительный узел 6, выход которого является выходом преобразователя (+U2, -U2). Первый полумостовой инвертор 2 выполнен на силовых транзисторах 7 и 8. В состав первого полумостового инвертора 2 также входят резонансные конденсаторы 9 и 10, параллельно подключенные, соответственно, к силовым электродам транзисторов 7 и 8, а также входят силовые разделительные конденсаторы 11 и 12, соединенные между собой последовательно, и их цепочка подсоединена параллельно к входам питания (+U1, -U1). Второй полумостовой инвертор 3 выполнен на силовых транзисторах 13 и 14. В состав второго полумостового инвертора 3, также входят резонансные конденсаторы 15 и 16, параллельно подключенные, соответственно, к силовым электродам транзисторов 13 и 14, а также входят силовые разделительные конденсаторы 17 и 18, соединенные между собой последовательно, и их цепочка подсоединена параллельно к входам питания (+U1, -U1).

Межконденсаторная точка 19 силовых разделительных конденсаторов 11, 12 (точка соединения конденсаторов 11, 12) и межконденсаторная точка 20 силовых разделительных конденсаторов 17, 18 (точка соединения конденсаторов 17, 18) первого и второго полумостового инвертора, соответственно, соединены между собой.

Первый трансформатор 4 имеет первичную обмотку 21 и вторичную обмотку 22, второй трансформатор 5 имеет первичную обмотку 23 и вторичную обмотку 24. Конец первичной обмотки 21 и начало первичной обмотки 23, первого и второго трансформаторов, соответственно, соединены между собой в точке 25, и эта точка подсоединена к соединенным между собой межконденсаторным точкам 19 и 20.

На чертеже представлена схема, предназначенная для работы в режиме двухтактного выпрямителя (как в прототипе). Соответственно этому режиму каждый трансформатор содержит по две полуобмотки, каждая полуобмотка первого трансформатора соединена последовательно-согласно (начало одной с концом другой) с соответствующей полуобмоткой второго трансформатора, получившиеся при этом обмотки также соединены последовательно-согласно с образованием общей точки 29, а начало и конец образовавшейся общей обмотки соединены с диодами 26, 27

выпрямительного узла 6. Общая точка соединения диодов 26, 27 выпрямительного узла 6 является первым силовым выходом преобразователя (+U<sub>2</sub>), а общая точка 29 вторичных обмоток соединена с силовой индуктивностью 28, второй конец которой является вторым силовым выходом преобразователя (-U<sub>2</sub>). Выпрямительный узел 6 может также содержать демпфирующие индуктивности 30, 31, подключенные, соответственно, последовательно с диодами 26, 27.

Возможны другие реализации, например, для работы в режиме мостового выпрямителя (на чертеже не показано), с неразделенными на полуобмотки и последовательно включенными вторичными обмотками. Схема реализации выбирается исходя из задачи оптимизации потерь и не влияет на заявленный технический результат.

В заявленном фазосдвигающем инверторном преобразователе вспомогательная индуктивность 32 установлена между выходом полумостового инвертора 2, являющегося ведущим, и началом первичной обмоткой 21 первого трансформатора 4.

Фазосдвигающий инверторный преобразователь может дополнительно содержать компенсирующую емкость 33, установленную между выходом полумостового инвертора 3, являющегося ведомым, и концом первичной обмотки 23 второго трансформатора 5.

Работа фазосдвигающего инверторного преобразователя происходит следующим образом. За счет поочередной коммутации пар силовых транзисторов 7, 8 и 13, 14 ведущего 2 и ведомого 3 полумостовых инверторов, к началу первичной обмотки 21 силового трансформатора 4 и к концу первичной обмотки 23 силового трансформатора 5 прикладываются выходные переменные напряжения полумостовых инверторов 2 и 3 соответственно, при этом форма подаваемого напряжения близка к меандру. Средняя точка соединения 25 первичных обмоток соединена с межконденсаторными точками 19 и 20 силовых разделительных конденсаторов 11, 12 и 17, 18. Напряжение в этой общей точке составляет половину от напряжения питания, то есть  $0,5U_1$ , следовательно, и амплитуды прикладываемых напряжений к первичным обмоткам равны  $\pm 0,5U_1$ . Эти напряжения трансформируются до требуемого уровня и суммируются алгебраически, то есть с учетом знака (полярности) в соединенных последовательно полуобмотках вторичных обмоток 22 и 24. После выпрямления диодами 26 и 27 и сглаживания в индуктивности 28 получается постоянное выходное напряжение U<sub>2</sub>. Регулирование выходного напряжения U<sub>2</sub> осуществляется за счет управления углом модуляции фазового сдвига между фазами выходных напряжений ведущего и ведомого полумостовых инверторов 2 и 3. При этом фаза выходного напряжения в ведомом полумостовом инверторе отстает от фазы выходного напряжения в ведущем полумостовом инверторе. Так при нулевом угле модуляции сдвига фазы выходные напряжения с полумостовых инверторов 2 и 3 синфазны и алгебраическая сумма напряжений с учетом знака на вторичных обмотках 22 и 24 равна нулю, соответственно, и выходное напряжение U<sub>2</sub> равно нулю. При малом угле сдвига фазы выходные напряжения с полумостовых инверторов 2 и 3 в результате алгебраического суммирования напряжений, с учетом знака на выходных обмотках трансформаторов, появляются двухполярные импульсы напряжения малой скважности, а выходное напряжение U<sub>2</sub> - низкий уровень. С увеличением угла сдвига фазы скважность импульсов возрастает, и выходное U<sub>2</sub> напряжение растет. Однако амплитуда и форма напряжений (амплитуда равна  $\pm 0,5U_1$ , а форма близка к меандру), прикладываемых к первичным обмоткам 21 и 23, вследствие присоединения точки соединения 25 первичных обмоток к межконденсаторным точкам 19 и 20, не зависит



от угла модуляции сдвига фазы, благодаря чему в обмотках протекает постоянный ток намагничивания, который, запасаясь в индуктивностях намагничивания первичных обмоток трансформаторов, обеспечивает перезаряд резонансных конденсаторов 9, 10, и 15, 16 во время переключения силовых транзисторов. Тем самым, реализуется режим ZVT при нулевом или минимальном выходном токе преобразователя. С ростом выходного тока преобразователя энергии, запасенной в индуктивностях намагничивания, становится недостаточно (часть уходит в нагрузку), однако все большую роль начинает играть энергия, накопленная в индуктивностях рассеяния первичных обмоток силового трансформатора, и при больших выходных токах преобразователя и значительных углах модуляции сдвига фазы ее полностью достаточно для перезаряда резонансных емкостей и обеспечения ZVT. Но, к сожалению, существует область угла модуляции сдвига фазы (от 0 до 20%) при малых и средних (от 10 до 30%) выходных токах преобразователя, когда оказывается недостаточно ни энергии, накопленной в индуктивностях намагничивания трансформаторов (значительная ее часть уходит в соизмеримую нагрузку), ни энергии, накопленной в индуктивностях рассеяния трансформаторов (нагрузка небольшая и ток первичной обмотки еще также мал). Особенно, как подчеркнуто в цитируемой выше методике SLUP101, это касается ведущего полумостового инвертора, так как транзисторы в нем переключаются при указанных условиях на более малых токах, чем в ведомом.

В патенте-прототипе для компенсации недостатка энергии на перезаряд резонансных конденсаторов используют дополнительную индуктивность, включенную между выходами полумостовых инверторов. Однако это не решает указанную в SLUP101 проблему асимметричности процессов перезаряда резонансных емкостей в ведущем и ведомом инверторных полумостах; и в то же время, так как ток, протекающий во вспомогательной индуктивности, не зависит от тока нагрузки, то в значительном диапазоне нагрузок она лишь просто дополнительно нагружает силовые транзисторы, снижая общий КПД аппарата. В данном изобретении для компенсации этого недостатка схемы используется дополнительная резонансная индуктивность, а именно вспомогательная индуктивность 32, которая последовательно подключена только в цепь первичной обмотки 21 трансформатора 4 ведущего полумостового инвертора 2. Дополнительная энергия, накапливающаяся в этой индуктивности, помогает достичь режима ZVT и в ведущем полумостовом инверторе во всем диапазоне нагрузок. Эта индуктивность может быть выполнена насыщающейся с целью оптимизации соотношений накопленной энергии, максимального и минимального тока, при котором она обеспечивает режим ZVT в ведущем полумосте на малых токах нагрузки, незначительно - на средних токах, и почти не оказывая влияния на больших токах нагрузки.

Соединение межконденсаторных точек силовых разделительных конденсаторов обоих полумостовых инверторов (по сравнению с прототипом) позволяет избежать протекания значительных токов через эти конденсаторы при больших нагрузках, так как силовой ток протекает только через последовательно включенные первичные обмотки силовых трансформаторов, благодаря чему конденсаторы могут быть незначительной емкости, и потери в них в разы меньше.

При работе преобразователя в режиме быстроменяющейся в широком диапазоне нагрузки, в нем возможно возникновение режима асимметричного намагничивания магнитопроводов силовых трансформаторов. Это, в конечном счете, может привести к их насыщению и к выходу из строя силовых транзисторов вследствие резкого

увеличения тока намагничивания первичных обмоток либо к срабатыванию защиты силовых транзисторов и, соответственно, к отключению преобразователя и прерыванию работы, что в ряде задач недопустимо. Для исключения этой опасной ситуации может быть введена дополнительная компенсирующая емкость 33, что  
5 позволяет компенсировать рост динамической постоянной составляющей тока намагничивания первичных обмоток и не дает перейти магнитопроводам трансформаторов в режим насыщения.

Кроме того, последовательно с диодами 26 и 27 выпрямительного узла 6 могут  
10 быть установлены демпфирующие индуктивности 30 и 31, обеспечивающие «мягкое» переключение этих диодов и снижающие уровень динамических потерь в них и в силовых транзисторах полумостовых инверторов, а также обеспечивающие снижение общего уровня электромагнитных помех.

Таким образом, благодаря тому, что дополнительная индуктивность перенесена в  
15 цепь первичной обмотки трансформатора ведущего полумоста, решена проблема асимметричности резонансных процессов в обоих полумостах и имеется возможность полностью компенсировать динамические потери в ключах обоих инверторных полумостов во всем диапазоне выходных токов инвертора. Кроме этого удалось  
20 значительно снизить токовую нагрузку разделительных конденсаторов полумостовых инверторов, объединив их межконденсаторные точки между собой и со средней точкой первичных обмоток трансформаторов. Благодаря введению компенсирующей емкости, удалось улучшить характеристики преобразователя в режиме  
25 быстроизменяющейся нагрузки, а введение последовательно с диодами выпрямительного узла демпфирующих индуктивностей - дополнительно снизить уровень динамических потерь в преобразователе и общий уровень электромагнитных помех.

Дополнительно следует заметить, что конструктивно трансформаторы 4 и 5 и  
30 вспомогательная индуктивность 32 могут быть выполнены в виде единого узла. Кроме того, в приведенном примере описана схема с двумя трансформаторами. Однако возможна эквивалентная реализация с одним трансформатором с разделенным сердечником и последовательно соединенными первичными обмотками и последовательно соединенными вторичными обмотками.

#### Формула изобретения

1. Фазосдвигающий инверторный преобразователь, имеющий в своем составе первый (ведущий) и второй (ведомый) полумостовые инверторы, соединенные,  
40 соответственно с первым и вторым трансформаторами, вторичные обмотки которых соединены с выпрямительным узлом, выход выпрямительного узла является выходом преобразователя, при этом преобразователь снабжен вспомогательной индуктивностью, а его полумостовые инверторы соединены параллельно по входам питания и последовательно - по силовым выходам, каждый упомянутый инвертор  
45 содержит два соединенных последовательно силовых транзистора, к силовым электродам каждого транзистора параллельно подключен резонансный конденсатор, также каждый инвертор содержит два соединенных последовательно силовых разделительных конденсатора, отличающийся тем, что первичные обмотки  
50 трансформаторов соединены последовательно между собой, межконденсаторные точки пар силовых разделительных конденсаторов полумостовых инверторов соединены между собой и с точкой соединения первичных обмоток трансформатора, а вспомогательная индуктивность установлена между выходом полумостового

инвертора, являющегося ведущим, и первичной обмоткой первого трансформатора.

2. Фазосдвигающий инверторный преобразователь по п.1, отличающийся тем, что дополнительно снабжен компенсирующей емкостью, установленной между выходом полумостового инвертора, являющегося ведомым, и первичной обмоткой второго трансформатора.

3. Фазосдвигающий инверторный преобразователь по п.1, отличающийся тем, что дополнительно содержит демпфирующие индуктивности, установленные последовательно с диодами выпрямительного узла.

4. Фазосдвигающий инверторный преобразователь по п.2, отличающийся тем, что дополнительно содержит демпфирующие индуктивности, установленные последовательно с диодами выпрямительного узла.

15

20

25

30

35

40

45

50