

A. M. Repin. A controllable power source A.M. Repin. / А. М. Репин. Управляемый источник электропитания А.М. Репина. // Гос. Ком. Изобр. Откр. (ГКИО СССР). Авт.Свид.Из. (АСИ СССР). № **SU 1156219**. БИ. № 18. 15.5.1985. Заявл. 29.4.1983. № 3587101/24-07. МПК H02M7/06.

Анонс. Впервые в авторском дизайне и с АСИ публикуется описание данного именного изобретения. Но качество, ошибки в сканкопиях описания не исправлены. По ясным причинам.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1156219

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:  
**"Управляемый источник электропитания А. М. Репина"**

Автор (авторы): **Репин Аркадий Михайлович**

Заявитель:

Заявка № **3587101**

Приоритет изобретения **29 апреля 1983г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

**15 января 1985г.**

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

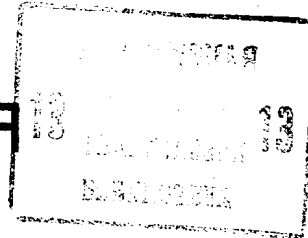
Председатель Комитета

Начальник отдела



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

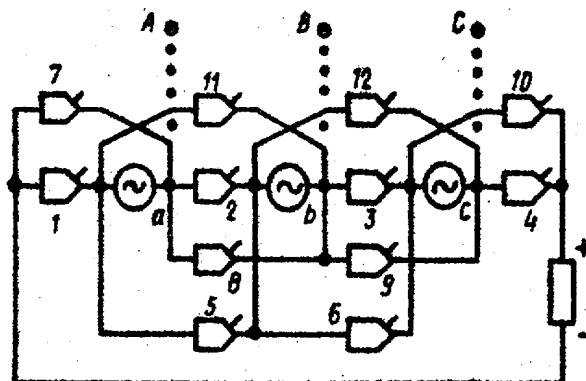
# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3587101/24-07  
 (22) 29.04.83  
 (46) 15.05.85. Бюл. № 18  
 (72) А.М. Репин  
 (53) 621.314.6(088.8)  
 (56) 1. Чиженко И.М. и др. Основы преобразовательной техники. М., "Высшая школа", 1974, с. 158, рис. 5-36а.  
 2. Авторское свидетельство СССР № 475713, кл. Н 02 М 7/06, 1973.

(54) УПРАВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ А. М. РЕПИНА.  
 (57) 1. Управляемый источник электропитания, содержащий вентили и три источника фазосдвинутых ЭДС, соединенные с первыми четырьмя вентилями поочередно последовательно, первый вывод первого источника ЭДС, соединенный с первым вентиляем, связан через пятый вентиль с первым выводом второго источника ЭДС, который через шестой вентиль связан с первым выводом третьего источника ЭДС, к другим выводам первого, второго

и третьего источников ЭДС подключены соответственно седьмой, восьмой и девятый вентили, свободные электроды первого и седьмого вентиля образуют один выходной вывод, а свободный электрод четвертого вентиля и одноименный ему электрод десятого вентиля, подключенного другим электродом к первому выводу третьего источника ЭДС, образуют другой выходной вывод, отличающийся тем, что, с целью упрощения, улучшения качества преобразования энергии, снижения массы, объема, стоимости, введены система управления, а также одиннадцатый и двенадцатый вентили, первый из которых связывает первый вывод первого источника ЭДС с вторым выводом второго источника ЭДС, первый вывод которого связан через двенадцатый вентиль с вторым выводом третьего источника ЭДС, свободные электроды восьмого и девятого вентиля подключены к вторым выводам первого и соответственно второго источников ЭДС.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1156219 A**

2. Источник по п. 1, отличающийся тем, что система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно через интервал дискретности на второй, седьмой, третий, одиннадцатый, первый и двенадцатый вентили, выполненные управляемыми.

3. Источник по п. 1, отличающийся тем, что система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно через интервал дискретности на четвертый, шестой, восьмой, десятый, девятый и пятый вентили, а остальные вентили выполнены неуправляемыми.

4. Источник по п. 1, отличающийся тем, что, с целью дополнительного упрощения при двухпозиционно управляемых вентилях, система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно на первый и седьмой либо

на четвертый и десятый вентили, а остальные вентили выполнены неуправляемыми.

5. Источник по п. 4, отличающийся тем, что система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно на соответствующий управляемый вентиль через подинтервал, составляющий часть интервала дискретности.

6. Источник по п.п. 1-5, отличающийся тем, что подключение выводов по крайней мере одного источника ЭДС транспозировано.

7. Источник по п.п. 1-6, отличающийся тем, что очередность присоединения источников ЭДС через связывающие их вентили выполнена произвольной.

8. Источник по п.п. 1-7, отличающийся тем, что источники ЭДС реализованы в автотрансформаторном исполнении.

1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в качестве регулируемого и/или стабилизированного источника электропитания, преимущественно при сравнительно повышенном напряжении нагрузки, малом числе управляемых элементов, простоте системы управления и одновременном обеспечении относительно повышенной частотной кратности пульсации выходного постоянного напряжения. Источник применим также для получения переменного напряжения из постоянного, т.е. для выполнения функций инвертирования при сохранении собственных источнику положительных качеств, в том числе сравнительно высокой экономичности.

Известен управляемый источник электропитания, содержащий полупроводниковую мостовую схему Ларионова с уменьшенным в 2 раза числом управляемых преобразовательных элементов (вентилей) и более простую систему управления по сравне-

2

нию с полностью управляемой его модификацией [1].

Однако это положительное свойство обеспечивается в известном устройстве слишком дорогой ценой, так как достигается одновременной потерей ряда важных качеств, свойственных полностью управляемому источнику. Так в полупроводниковой схеме по сравнению с управляемой в 2 раза меньше частотная кратность  $\Pi$  пульсации выходного напряжения  $U_0$  ( $\Pi = 3 < 6$ ), быстро растет ее уровень при сравнительно небольших пределах регулирования его постоянной составляющей  $V_0$ , значительно хуже удельные массогабаритные и стоимостные показатели (МГСП) различных фильтров, больше уровень индуктивных и кондуктивных помех, сложнее решение технических проблем по электромагнитной совместимости (ЭМС) и т.п.

Указанные недостатки особенно существенны в случае применения управляемого (стабилизированного, регулируемого) источника питания в соста-

ве комплексов различной аппаратуры, к которой предъявляются высокие требования по МГСП при наличии в ней функциональных устройств и элементов, чувствительных к помехам. Кроме того, при заданном выходном напряжении в схеме требуется обеспечить довольно высокое напряжение на вентильных обмотках электромагнитных аппаратов (электрических машин, трансформаторов и пр.) и установить сравнительно высоковольтные элементы ввиду высокого обратного напряжения на каждом из шести вентильных плеч моста. В связи с этим надежность схемы, связанная с напряжением асимбатно, крайне низка, а введение в каждое плечо цепочки из последовательно соединенных элементов с пониженным напряжением требует дополнительных выравнивающих и защитных элементов, что значительно усложняет источник без улучшения его надежности по высоковольтным обмоткам.

Указанные недостатки делают схему Ларионова фактически неприемлемой для целесообразного практического применения в относительно высоковольтных источниках повышенной надежности при малых габаритах, массе, стоимости.

Наиболее близким к изобретению является управляемый источник электропитания, содержащий десять преобразовательных элементов (вентилей) и три источника фазосдвинутых ЭДС, формируемых на вентильных обмотках трехфазного трансформатора. Эти три фазные обмотки соединены поочередно с первыми четырьмя вентилями, включенными однонаправленно, и совместно с ними образуют семизлементную последовательную цепь. Соединенный с первым вентиляем первый вывод первого источника ЭДС связан через пятый вентиль с первым выводом второго источника ЭДС, который через шестой вентиль связан с первым выводом третьего источника ЭДС и к последнему подключен десятый вентиль. К другим выводам указанных трех источников ЭДС присоединены соответственно седьмой, восьмой и девятый вентили, свободные электроды которых образуют совместно с электродом первого вентиля один, а свободные электроды четвертого

и десятого вентилями другой выходные выводы [2].

При этом за период ЭДС на выходе источника формируется шесть примыкающих один к другому импульсов напряжения (тока), амплитуда одного из которых достигает удвоенного значения относительно амплитуды  $S_a$  фазных ЭДС. Это больше, чем в предыдущем аналоге, и позволяет при том же значении  $V_0$  снизить требуемое действующее значение  $U_d$  напряжения обмоток с  $0,74$  (при соединении обмоток в схеме Ларионова в  $\Delta$ ) до  $0,51 V_0$ , т.е. в  $1,45$  раза, в результате чего несколько упрощается решение задач, связанных с проблемами высоковольтной техники, снижается число витков силовых обмоток.

Недостатками этого устройства являются наличие в выходном напряжении лишь одного импульса удвоенной амплитуды либо, в крайнем случае, двух импульсов при дополнительной транспозиции выводов одной из фазных обмоток, пониженная амплитуда двух других импульсов выходного напряжения, равная амплитуде  $S_a$ , и промежуточное значение амплитуды трех остальных импульсов, равное  $\sqrt{3} S_a$ , как следствие предыдущего существенная амплитудная и широтная асимметрия импульсов напряжения, формирующихся на выходе источника при протекании тока нагрузки через соответствующие контуры токопрохождения, очень большой уровень пульсации  $k_p$ , который даже в наиболее благоприятном, в смысле  $k_p$ , неуправляемом режиме составляет в идеальном случае около  $82\%$  относительно  $V_0$  и который резко нарастает с увеличением угла управления, кроме того, предельно низкая кратность частоты пульсации ( $\Pi = 1$ ), сравнительно пониженное среднее значение выходного напряжения при данном значении напряжения на вентильных обмотках ( $V_0 \leq 1,39 S_a = 1,965 U_d$ ) либо повышенное значение  $U_d$  при заданном значении  $V_0$  ( $U_d = 0,51 V_0$ ), и, следовательно, повышенное суммарное число  $W_{\Sigma 0}$  витков указанных обмоток относительно базового числа витков с напряжением  $V_0$  на них ( $W_{\Sigma 0} \geq 2,16$ ), а также сравнительно

плохое использование габаритной мощности источников ЭДС, в частности трансформаторного оборудования, обусловленное повышенным значением коэффициента  $k_{\text{пр}} \bar{I}$  превышения мощности вентильных обмоток относительно полезной мощности  $P_0$  ( $k_{\text{пр}} \bar{I} = P_{\text{в}} / P_0 - 1 \geq 19,3\%$ ), разное число элементов (вентилей, обмоток), обтекаемых последовательно током нагрузки в разных  $\mu$ -х контурах токопрохождения ( $\mu = 1, 6$ ). Кроме того, недостатками устройства являются асимметрия длительностей проводящих, а также закрытых состояний разных вентилей, различие обратных напряжений на них и мощности потерь, широтная асимметрия разнополярных импульсов тока данного источника ЭДС, а также асимметрия однополярных импульсов тока разных источников ЭДС в течение их периода, неравномерность загрузки вентилей и силовых обмоток по току, напряжению и мощности, возникновение вредного явления постоянного подмагничивания, большое число управляемых преобразовательных элементов, а также сложность формирования и локальной подачи сигналов управления, т.е. сложность алгоритма управления и самой системы управления и как следствие предыдущего очень низкое качество преобразования энергии, сложность управляемого источника в целом, плохие МГСП и надежность, ограниченные схемные возможности и область применения.

Цель изобретения - упрощение, улучшение качества преобразования энергии, снижение массы, объема, стоимости.

Цель достигается тем, что в управляемом источнике электропитания, содержащем вентили и три источника фазосдвинутых ЭДС, соединенные с первыми четырьмя вентилями поочередно последовательно, первый вывод первого источника ЭДС, соединенный с первым вентиляем, связан через пятый вентиль с первым выводом второго источника ЭДС, который через шестой вентиль связан с первым выводом третьего источника ЭДС, к другим выводам первого, второго и третьего источников ЭДС подключены соответственно седьмой, восьмой и девятый вентили, свободные элект-

роды первого и седьмого вентилей образуют один выходной вывод, а свободный электрод четвертого вентиля и одноименный ему электрод десятого вентиля, подключенного другим электродом к первому выводу третьего источника ЭДС, образуют другой выходной вывод, введены система управления, а также одиннадцатый и двенадцатый вентили, первый из которых связывает первый вывод первого источника ЭДС с вторым выводом второго источника ЭДС, первый вывод которого связан через двенадцатый вентиль с вторым выводом третьего источника ЭДС, свободные электроды восьмого и девятого вентилей подключены к вторым выводам первого и соответственно второго источников ЭДС.

При этом система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно через интервал дискретности на второй, седьмой, третий, одиннадцатый, первый и двенадцатый вентили, выполненные управляемыми.

Кроме того, система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно через интервал дискретности на четвертый, шестой, восьмой, десятый, девятый и пятый вентили, а остальные вентили выполнены неуправляемыми.

С целью дополнительного упрощения при двухпозиционно управляемых вентилях система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно на первый и седьмой либо на четвертый и десятый вентили, а остальные вентили установлены неуправляемыми.

С целью дополнительного расширения возможностей система управления обеспечивает подачу сигналов управления последовательно на соответствующий управляемый вентиль через подинтервал, составляющий часть интервала дискретности.

С целью достижения схемной инвариантности подключение выводов хотя бы одного источника ЭДС транспозировано.

С целью расширения свойств инвариантности поочередность присоединения источников ЭДС через связывающие их вентили выполнена произвольной.

С целью расширения схемно-режимных возможностей, улучшения энергетических и массогабаритных показателей источники ЭДС реализованы в автотрансформаторном исполнении.

На фиг. 1 представлена принципиальная электрическая схема устройства, в которой преобразовательные элементы (ПЭ) условно показаны все управляемыми (УПЭ); на фиг. 2 - линейные диаграммы выходного напряжения  $U_0$  в функции безразмерного времени  $U^0 = \omega t$ , иллюстрирующие принцип действия устройства при различных законах управления, в том числе для случаев наличия в схеме однопозиционно (фиг. 2а, б) либо двухпозиционно (фиг. 2в-д) управляемых ПЭ, при этом на фиг. 2а изображена форма напряжения  $U_0$  при таких УПЭ, которые работают только на включение (например, обычные тиристоры, цепь из диода и магнитного усилителя и т.п.), а на фиг. 2б-д - при УПЭ, работающих только на выключение (например, выключаемые тиристоры и пр.).

На всех диаграммах фиг. 2 для наглядности указаны также конкретные позиционные номера УПЭ, соответствующие схеме фиг. 1 для случая одной и той же половины ПЭ, выполненных управляемыми, причем нумерация дана для каждого  $\mu$ -го контура прохождения тока нагрузки в течение периода ЭДС, что упрощает понимание введенного алгоритма управления. С той же целью промасштабированы в безразмерных единицах координатные оси, причем масштаб по оси ординат выполнен относительно амплитуды  $S_a$  преобразуемых ЭДС, а позиционная нумерация УПЭ (фиг. 2) дана совпадающей с их формульной нумерацией при одновременном сохранении возможностей использования различных принципов управления, в том числе интегрального, широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и пр.

Схема (фиг. 1) содержит двенадцать 30  
вентилей 1-12 и три источника а, б, с фазосдвинутых ЭДС. Причем последние соединены поочередно последовательно с вентилями 1-4, а вентили 5-12, включенные однонаправленно с вентилями 1-4, соединяют соответствующие выводы источников ЭДС а, б, с между собой, а также с выходными

выводами, образованными попарно одноименными электродами вентиляей 1, 7 и 4, 10. К этим выходным выводам 5  
подключена нагрузка, на которой формируется напряжение  $U_0$  при протекании через нее тока от источников ЭДС.

Устройство работает следующим образом.

Пусть из указанных (фиг. 1) 10  
ПЭ выполнены управляемыми вентили 1, 2, 3, 7, 11 и 12, причем управляемыми например, на включение, а в качестве вентиляей 4, 5, 6, 8, 9 и 10 установлены обычные диоды. 15  
Тогда при подаче сигналов управления в соответствующие дискретные моменты последовательно на вентили 1, 12, 2, 7, 3, 11 на выходе устройства формируется напряжение  $U_0$ , 20  
содержащее (фиг. 2а) шесть одинаковых импульсов за период  $2T$  преобразуемых ЭДС. Эти импульсы создаются шестью токообразующими ЭДС  $S_{\mu}$ , обеспечивающими прохождение тока 25  
нагрузки через соответствующие им контуры.

Так, например, при подаче в момент 0 сигнала управления на вентиль 12 образуется следующий контур, токопрохождения: вентиль 1, 30  
открытый ранее, источник ЭДС а, неуправляемый вентиль 8, источник ЭДС б, вентиль 12, открывшийся сигналом управления под действием  $S_1$ , источник ЭДС с, неуправляемый вентиль 10, нагрузка. Остальные ПЭ 35  
закрываются естественным образом ввиду наличия на них обратного напряжения. В результате на нагрузке формируется положительный импульс, обозначенный на диаграмме фиг. 2а через  $S_1$ . При этом для первоначального запуска источника (для начального включения) сигналы управления 40  
достаточно подать одновременно на два УПЭ, например на вентили 1 и 12 для  $S_1$ , подавая их в дальнейшем лишь по одному в соответствующие интервалы дискретности (фиг. 2а).

Аналогичным образом формируются 40  
остальные пять импульсов  $S_2 - S_6$  при последующей подаче сигналов управления соответственно на вентили 2, 7, 3, 11, 1 (фиг. 2а).

Таким образом, все импульсы выходного напряжения сформированы 45  
одинаковыми по амплитуде, длительности и в целом по форме, т.е. уст-

ранена свойственная прототипу амплитудно-широтная их асимметрия, резко снижен уровень пульсации, симбатно определяющий МГСП фильтров, а ее частотная кратность, определяющая их МГСП асимбатно, увеличена в 6 раз, этим в десятки раз улучшены МГСП сглаживающих фильтров, фильтров помех и других компенсирующих, защитных и помехоподавляющих устройств, число управляемых элементов относительно общего числа ПЭ уменьшено в 2 раза и тем значительно улучшены МГСП вентильно-преобразовательного блока, существенно упрощен принцип формирования и алгоритм подачи сигналов управления, а с ними и система управления в целом, значительно повышено использование габаритной мощности источников ЭДС (например при нулевом угле управления коэффициент  $k_{пр}$  обеспечен равным около 11%, что почти в 2 раза лучше, чем в прототипе), намного уменьшено требуемое число витков силовых обмоток и тем (с учетом резкого улучшения  $k_{пр}$ ) обеспечена существенная экономия ценных материалов (магнитопровода, меди, и пр.). Кроме того, обеспечена полная симметрия токовых импульсов всех ПЭ как управляемых, так и неуправляемых, а также всех источников ЭДС, т.е. достигнута равномерная их загрузка, для всех ПЭ выравнены, а для соответствующих вентилях снижены значения обратного напряжения и мощности потерь, для каждого  $m$ -го контура токопрохождения обеспечено одно и то же число участвующих в работе элементов, т.е. достигнута возможность установки более экономичных, с лучшими МГСП элементов при одновременно высокой однотипности (унификации).

Этим обеспечено существенное упрощение управляемого источника питания, улучшены качество преобразования энергии, а также КПД и надежность, снижены масса, объем, стоимость и уровни различных помех, упрощено решение проблем по ЭМС и, как следствие всего, значительно расширены возможности объекта и области практического его применения.

Дальнейшего расширения полезных возможностей и свойств можно достичь,

если, в отличие от рассмотренного случая, соответствующие ПЭ выполнить управляемыми не на включение (фиг. 2а), а на выключение, т.е. реализовать способ с так называемым опережающим углом управления (фиг. 2б) и тем обеспечить улучшение различных характеристик и свойств преобразования энергии либо установить двухпозиционно управляемые ПЭ (управляемые на включение и выключение), например транзисторы, двухпозиционные тиристоры и т.п. (фиг. 2б-д).

При этом возможно также произвольное изменение чередования источников ЭДС или/и их выводов, формирование этих ЭДС посредством обмоток самых различных электромагнитных аппаратов, в том числе автотрансформаторов. Последняя возможность показана на фиг. 1 точками в виде присоединения входных выводов автотрансформаторных обмоток к выводам А, В, С трехфазной сети переменного тока. Причем входные выводы могут быть образованы также отводами либо дополнительными витками обмоток, что наряду с улучшением режимно-энергетических и массогабаритных показателей источника свидетельствует также о его широких схемно-функциональных, конструктивно-технологических и алгоритмических возможностях относительно прототипа.

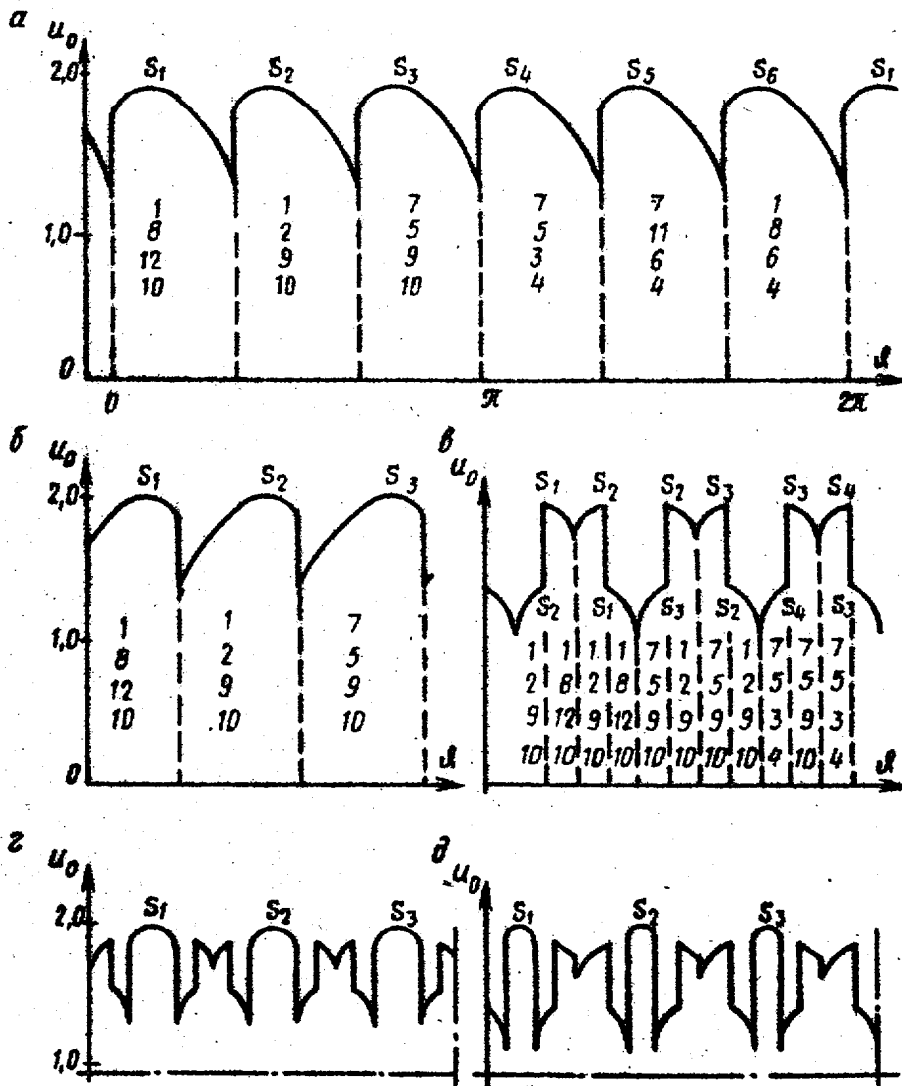
Относительно широко известной схемы Ларионова, соедражающей в полупроводимой реализации тоже в 2 раза меньшее число УПЭ по отношению к общему числу ПЭ, устройство обеспечивает в 2 раза более высокую частотную кратность пульсации (чем резко улучшаются МГСП сглаживающих фильтров), требует установки ПЭ при в 2 раза меньшем обратном напряжении на каждом из них (и тем существенно повышается надежность и долговечность, снижаются масса и объем), содержит в каждой фазе в 2 раза меньшее число витков силовых обмоток при том же выходном напряжении, обеспечивает вентильную развязку источников переменных ЭДС (обмоток) и нагрузки между собой, допускает широкие, гибкие алгоритмические возможности способа управления УПЭ при одновременном сохранении сравнительно повышенной частот-

ной кратности пульсации ( $\Pi = 6$ ), обеспечивает значительное улучшение спектрального состава шимируемого напряжения и т.п.

Все эти важные положительные качества, принципиально недостижимые в сопоставляемой классической схеме Ларионова, предопределяют перспективность использования описанного способа управления в практических разработках регулируемых (стабилизированных) источников

питания повышенных напряжений различного назначения.

5 Таким образом, в соответствии с описанием реализуется управляемый источник электропитания, который по сравнению с прототипом и аналогом обеспечивает ряд ценных свойств и качеств, достигаемых благодаря принципиально новому способу управления при одновременной простоте алгоритмического и схемно-технического исполнения.



Фиг. 2

ВНИИПИ Заказ 3192/53 Тираж 646 Подписное

Филиал ИИИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4