

**A. M. Repin. Power supply. / А. М. Репин. Источник электропитания (4 варианта).** // Гос. Ком. Изобр. Откр. (ГКИО СССР). Авт. Свид. Из. (АСИ СССР). № **SU 1228199**. БИ. № 16. 3.1.- 30.4.1986. Заявл. 16.8.1982. № 3481410/24-07. МПК H02M7/162. H01F27/28. **Анонс. Впервые в авторском дизайне и с АСИ публикуется описание данного изобретения (4 в одном описании). Совмещены фигуры. Но ошибки в сканкопиях описания не исправлены. По ясным причинам.**







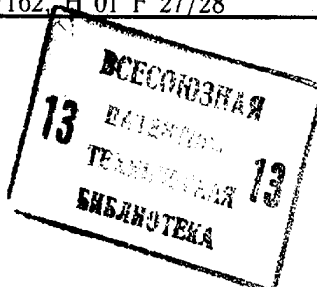
СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1228199 A 1

(51) 4 Н 02 М 7/162, Н 01 F 27/28

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3481410/24-07

(22) 16.08.82

(46) 30.04.86. Бюл. № 16

(72) А. М. Репин

(53) 621.314.632(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 395952, кл. Н 02 М 7/06, 1971.

Авторское свидетельство СССР № 754618,  
кл. Н 02 М 7/06, 1977.

(54) ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ  
(ЕГО ВАРИАНТЫ)

(57) Изобретение предназначено для электропитания нагрузок повышенными токами и напряжениями. Цель изобретения — расширение области применения, улучшение качества преобразования энергии и надежности, а также снижение массы, объема и стоимости. Источник содержит трансформатор с секционированной многофазной вен-

тильной обмоткой, к которой подключен выпрямитель, выполненный по мостовой схеме. Соединение вентильной обмотки по схеме треугольник — двухсторонний неравноплечный с равными сторонами встречно-встречный зигзаг или в неполный односторонний треугольник с отводами — односторонний зигзаг, а также определенный выбор соотношений чисел витков основной и дополнительной частей секций, использование тороидального или пространственного магнитопровода, магнитного усилителя, дросселя насыщения, двухпозиционно-управляемых преобразовательных элементов и их различные соединения позволяют повысить частоту пульсаций в 12 раз относительно частоты питания при обеспечении гальванической развязки нагрузки и сети. Этим достигается поставленная цель. 4 с. и 24 з. п. ф-лы, 10 ил.



(19) SU (11) 1228199 A 1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в качестве вторичного источника электропитания постоянного либо переменного напряжения (тока), в частности, при относительно повышенных токах потребителя (единицы — десятки ампер и выше) и напряжениях нагрузки, более чем на порядок превышающих падение прямого напряжения на преобразовательном элементе (вентиле).

Цель изобретения — расширение области применения, улучшение качества преобразования энергии и надежности, а также снижение массы, объема и стоимости.

На фиг. 1 дана принципиальная электрическая схема устройства в одномостовом исполнении по первому варианту при соединении вентильных обмоток в схему треугольник — двухсторонний неравноплечий с равными сторонами встречно-встречный зигзаг первого рода (трезиг-1); на фиг. 2 и 3 — топологическая схема трезига-1 и векторные диаграммы формирования диагональных ЭДС и векторов  $S_{\mu}$  выходного напряжения  $U_0$  ( $\mu = \overline{1,2}$ ), поясняющие принцип действия устройства по фиг. 1; на фиг. 4 и 5 — схемы устройства по второму и третьему вариантам соответственно при соединении обмоток в неполный односторонний треугольник с отводами — односторонний зигзаг (трезиг-2) и в неполный односторонний треугольник — односторонний согласный зигзаг (трезиг-3); на фиг. 6—8 — то же, для правых модификаций указанных вариантов; на фиг. 9 — схема реализации устройства по четвертому варианту (9а — при последовательном соединении шестичейковых мостов и соединении сетевых обмоток в звезду, общую для всех одномостовых структур, 9б — при параллельном соединении мостов через магнитно связанные либо не связанные между собой индуктивности, зашунтированные либо не зашунтированные дополнительным конденсатором); на фиг. 10 — то же, при соединении сетевых обмоток соответствующих структур в неполные односторонние треугольники, обеспечивающие фазовый сдвиг ЭДС вентильных обмоток одной части структур по отношению к другой на  $\pm 7,5^\circ$ , а в целом на  $15^\circ$  и тем самым достижение 24-кратной частоты пульсации выходного напряжения.

Возможна реализация устройства в качестве инвертора при подключении к выводам вентильного моста по постоянному току дополнительного источника постоянного напряжения и дополнительной индуктивности, а также соответствующим режимом управления преобразовательными элементами моста.

Источник по фиг. 1 содержит преобразовательные элементы 1—12, в частности вентили, образующие шестичейковый вентильный мост 13, выводы которого по постоянному току образуют выходные выводы 14

и 15 с подключенной к ним нагрузкой 16. Выводы моста 13 по переменному току соединены посредством шести линий 17 с вентильными обмотками 18 трансформатора на магнитопроводе 19. Соединение сетевых обмоток на фиг. 1 не показано, так как для одномостовой реализации оно может быть любым.

Вентильные обмотки 18 содержат в каждой фазе по две секции: первую (а, б, с) и вторую ( $a_1, b_1, c_1$ ). Каждая первая секция снабжена отводом ( $a', b', c'$ ), делящим ее на две части: основную ( $aa', bb', cc'$ ) и дополнительную  $a'x, b'y, c'z$ ). Первые секции а, б, с включены своими основными частями  $aa', bb', cc'$  в замкнутый треугольник abc и образуют тем самым относительно выводов ух неполный треугольник. Формирующиеся на этих выводах ЭДС (например, ЭДС ух на фиг. 2) сдвинуты по фазе влево в фазовой плоскости относительно исходных ЭДС а, б, с что и определяет в данном случае левую схему соединений ( $\Delta$ ).

К выводу а (б, с) основной части  $aa'$  ( $bb', cc'$ ) первой секции ax (by, cz) подключен одноименный вывод  $c_1$  ( $a_1, b_1$ ) второй секции  $c_1z_1$  ( $a_1x_1, b_1y_1$ ). Тем самым первые и вторые секции обмоток 18 на фиг. 1 соединены между собой пофазно в порядке их обратной индексной последовательности.

Отдельно взятые соединения  $a'ayz_1, b'bz_1, c'cx_1$  представляют собой неравноплечие двухсторонние с равными сторонами встречно-встречные зигзаги, которые при соединении основных частей  $aa_1, bb_1, cc_1$  в трехлучевую звезду широко используются в схемах лучевого типа или в мостовых схемах с уравнительными реакторами.

В рассматриваемой реализации, как это видно из фиг. 2, образована принципиально новая схема соединений — трезиг-1. Такая схема позволяет получить ряд новых эффектов.

Для снижения уровня пульсации, а также с целью стабилизации выходного напряжения (тока) и управления, например, преобразовательными элементами 1—12, дросселями насыщения, стабилизатором или трансформатором, источник дополнительно снабжен сглаживающим фильтром 20 и системой 21 управления и стабилизации (СУ). Фильтр 20 может быть выполнен активным или пассивным, например, с трехполюсным конденсатором в поперечной ветви (как это показано на фиг. 1), а СУ 21 — например, параллельной.

Устройство по фиг. 1 работает следующим образом.

Пусть вентили 1—12 и трансформатор являются неуправляемыми, а вентильный мост 13 подключен непосредственно к нагрузке 16.

Под действием разности потенциалов, образующейся между любой из пар шести

выводов  $x, y, z, x_1, y_1, z_1$ , на линиях 17 формируется большое число линейных ЭДС. Они отличаются друг от друга амплитудой и фазовым сдвигом. Однако не все линейные ЭДС приводят к открытию элементов 1—12. Так как эти элементы неуправляемы, они открываются лишь естественным образом и только та пара из них — по одному из катодной (нечетные номера) и анодной (четные номера) их групп разных вентиляльных ячеек, — значение ЭДС между парой линий которых в данный момент наибольшее. Именно такие диагональные ЭДС (ДЭДС) образуют в источнике по фиг. 1 ток нагрузки 16.

Как видно из фиг. 2, в устройстве формируется шесть ДЭДС:  $u_x, z_1x, z_y, x_1y, xz, y_1z$ . Выпрямленные посредством моста 13 эти ДЭДС создают на нагрузке 16 пульсирующее знакопостоянное напряжение  $U_0$ ; векторы  $S_\mu$  ( $\mu = 1, 12$ ) которого, а также их образование и номера соответствующих им вентилялей показаны в фазовой плоскости на фиг. 3.

Под действием токообразующих ЭДС  $S_\mu$  ток нагрузки в разные интервалы времени проходит по разным циклически сменяющимся во времени контурам с изменяющимся от цикла к циклу составом элементов.

Так, например, под действием ЭДС  $S_\mu$ , которая на фиг. 1 и 2 соответствует ДЭДС  $u_x$ , контур токопрохождения содержит элементы: вывод  $y$ , линия 22, элемент 1, вывод 14, нагрузка 16, вывод 15, элемент 2, линия 23, вывод  $x$ , вывод  $a'$  и вывод  $b'$ , причем от  $a'$  к  $b'$  ток протекает по двум параллельным цепям: одна из них содержит часть  $a'a$  секции  $a$ , а другая через вывод  $b_1$  — часть  $cc'$  секции  $c$  и последовательно соединенную с ней часть  $bb'$  секции  $b$ .

Другие контуры, а также состав их элементов и фазовые сдвиги ЭДС определяются аналогичным образом.

При этом основные части  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$  первых секций участвуют в работе всех двенадцати контуров токопрохождения весь период преобразуемых ЭДС, что значительно дольше по сравнению с аналогами, в которых обмотки в зависимости от схемы их соединения работают лишь ту или иную часть периода. Расчеты показывают, что использование мощности трансформатора, а следовательно, и его массо-габаритные и стоимостные показатели (МГСР) лучше в предлагаемом устройстве, чем в известных решениях, что определяет достоинства схемы трезиг.

При этом действующие значения токов и напряжений основной (большей) и дополнительной (меньшей) частей первой секции и второй секции (образующей зигзаг) относительно средних значений тока  $I_0$  и напряжения  $U_0$  полезной нагрузки составляют соответственно  $I_\delta = 0,472$ ,  $I_m = 0,71$ ,  $I_s = 0,41$ ,  $U_\delta = 0,37$ ,  $U_m = U_s = 0,214$ . Значения среднего тока через вентили 1, 2, 5, 6,

9, 10 и соответственно 3, 4, 7, 8, 11, 12 равны  $I_0/4$ ,  $I_0/12$ . Следовательно, несмотря на мостовую структуру вентиляльного блока, мощность потерь в половине его элементов такая же незначительная, как в лучевой схеме (при  $m = 12$ ).

В сравнении с серийным источником питания, содержащим один трехфазный или три однофазных трансформатора, вентиляльные обмотки которых, разделенные в каждой фазе на секции, соединены в правильные трехлучевую звезду и треугольник, подключенные к шестиячейковому мосту, выигрыш или экономии  $\Delta = K_{\text{лр}} \lambda_{\text{л}} / K_{\text{лр}}$  в превышении  $K_{\text{лр}} = P_r / P_0 - 1$  габаритной мощности  $P_r$  вентиляльных обмоток ( $\Delta_r$ ) и трансформаторного блока в целом ( $\Delta_r$ ) относительно полезной мощности  $P_0$  нагрузки, составляет примерно 2 раза:  $\Delta_r \bar{u} = K_{\text{лр}} \bar{u} \lambda_{\text{л}} : K_{\text{лр}} \bar{u} \approx 1,8$ ;  $\Delta_r = K_{\text{лр}} \lambda_{\text{л}} : K_{\text{лр}} \approx 1,77$  (при работе на нагрузку индуктивного характера с условно бесконечной индуктивностью без учета внутренних сопротивлений вентилялей и обмоток).

По отношению к другому известному устройству, содержащему по вентиляльным обмоткам два неполных треугольника (левый и правый по  $15^\circ$ ) с трехъязычковыми мостами, соединенными по постоянному току однополярно параллельно, выигрыш по  $K_{\text{лр}}$  составляет 2 раза, что тоже свидетельствует о существенных положительных достижениях источника по схеме трезиг.

Если в схеме на фиг. 1 выводы дополнительных секций  $a_1, b_1, c_1$  подключить пофазно к дополнительно введенным отводам  $b'', c'', a''$  основных частей первых секций  $b, c, a$  либо к одноименным выводам вторых секций  $b', c', a'$ , получим новые схемные реализации источника, изображенные совместно с их топологическими схемами на фиг. 4 и 5. Они отражают решения по второму и третьему вариантам — соответственно трезиг-2 и трезиг-3.

Как и схема на фиг. 1, схемы на фиг. 4 и 5 представляют собой левые варианты реализаций. Их правые модификации даны на фиг. 6—8.

При этом в схемах на фиг. 5 и 8 несмотря на несколько увеличенное число витков (по сравнению с реализациями на фиг. 1, 4, 5 и 6), расширено время работы дополнительных частей первых секций.

Если числа витков основной ( $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$  или  $a', b', c'$ ) и дополнительной ( $a''x$ ,  $b''y$ ,  $c''z$  или  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ) частей первых секций  $a, b, c$  и витков второй секции  $a_1, b_1, c_1$  соответственно в схемах на фиг. 1 или 6; 5 или 8; 4 или 7, а также витков от дополнительного  $a'', b'', c''$  до исходного ( $a', b', c'$ ) отводов этих секций в схемах на фиг. 4 и 7 установить соответственно в соотношениях  $\sqrt{3} : 1 : 1$  (фиг. 1 и 6),  $1 : \sqrt{3} / 3 : 1$  (фиг. 5 и 8) и  $\sqrt{3} : 1 : 1 : 1$  (фиг. 4 и 7), то устройство формирует выходное напряжение, кратность



П частоты пульсации которого, как это видно из фиг. 3, равна 12 ( $\Pi = 12$ ), а ее уровень по полному размаху составляет  $K_{\Pi} = 3,45\%$  (по амплитуде первой гармоники  $K_{\Pi 1} = 1,4\%$ ).

При этом суммарное число витков  $W_{\Sigma a}$  в устройстве установлено равным 3,35 (в реализациях по фиг. 1, 4, 6 и 7).

Одновременно отношение амплитуды  $U_{ao}$  выходного напряжения  $U_0$  к амплитуде  $S_{ad}$  напряжения на частях вентильных обмоток, соединенных в треугольник, составляет в устройстве 1,92.

Дальнейшего расширения схемно-функциональных возможностей и области применения устройства можно достичь, если источник наряду с основной структурой 24 (фиг. 9 и 10) снабдить еще хотя бы одной такой же дополнительной одномостовой структурой 25, что отражает реализацию источника по четвертому варианту.

При этом обмотки трансформатора структур могут быть выполнены на том же магнитопроводе 19, а шестичейковые вентильные мосты 26 и 27 этих структур подключены на автономные нагрузки либо соединены между собой последовательно (с шунтированием каждого из них дополнительным конденсатором 28 и 29, фиг. 9а) или параллельно (через магнитно связанные между собой индуктивности 30 или 31, фиг. 9б, либо не связанные индуктивности 32, фиг. 9в и 10). Причем сетевые обмотки 33—35 трансформатора разных структур могут быть выполнены общими (фиг. 9а) либо отдельными (фиг. 9б, в и 10), соединенными на разных стержнях в неполные треугольники (левый и правый с фазовым сдвигом на  $\pm\varphi^\circ$ ). Так, для получения 24-кратной частоты пульсации ( $\Pi = 24$ ) в схеме на фиг. 10 достаточно соединить сетевые обмотки 34 и 35 со сдвигом их ЭДС на  $\pm 7,5$  эл. град.

Кроме того, указанное дополнительное расщепление обмоток, обеспечиваемое введением дополнительных фазосдвинутых или/и не сдвинутых однотипных мостовых структур, позволяет при том же выходном токе (фиг. 9б, в и 10) или напряжении (фиг. 9а) осуществить дальнейшее перераспределение повышенного тока (напряжения) нагрузки по отдельным менее мощным компонентам и тем самым достичь дополнительного улучшения МГСП источника, а также его надежности за счет введения естественных структурной и режимной избыточностей.

#### Формула изобретения

1. Источник электропитания, содержащий шестичейковый вентильный мост на преобразовательных элементах и трехфазный трансформатор, вентильные обмотки которого содержат в каждой фазе по две секции,

первые секции, поделенные каждая отводом на две части, соединены основными частями в замкнутый треугольник, а одни выводы вторых секций и свободные выводы дополнительных частей первых секций связаны посредством линий с выводами переменного тока указанного моста, выводы которого по постоянному току образуют выходные выводы, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения, улучшения качества преобразования энергии и надежности, а также снижения массы, объема, стоимости, все соединенные с линиями выводы обмоток выполнены одноименными, а вторые секции своими другими выводами подключены пофазно к одноименным выводам основных гетерофазных частей первых секций.

2. Источник по п. 1, отличающийся тем, что числа витков основной и дополнительной частей первой секции и витков второй секции установлены в соотношении  $\sqrt{3} : 1 : 1$ .

3. Источник по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что трансформатор выполнен групповым.

4. Источник по п. 3, отличающийся тем, что входящие в группу трансформаторы выполнены на тороидальных магнитопроводах.

5. Источник по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что трансформатор выполнен на просторанственном магнитопроводе.

6. Источник по пп. 1—5, отличающийся тем, что преобразовательные элементы вентильного моста выполнены управляемыми.

7. Источник по п. 6, отличающийся тем, что преобразовательные элементы выполнены двухпозиционно управляемыми.

8. Источник по п. 7, отличающийся тем, что преобразовательные элементы выполнены в виде последовательной цепи из неуправляемого вентиля и дросселя насыщения или магнитного усилителя.

9. Источник по п. 8, отличающийся тем, что магнитные системы дросселей насыщения выполнены тороидальными.

10. Источник по пп. 4, 8 и 9, отличающийся тем, что тороидальные элементы выполнены с индивидуальными рабочими и по крайней мере для двух из них общими обмотками управления и смещения.

11. Источник электропитания, содержащий шестичейковый вентильный мост и трехфазный трансформатор, вентильные обмотки которого содержат в каждой фазе по две секции, первые секции, поделенные каждая основным отводом на две части, соединены основными частями в замкнутый треугольник, а свободные выводы дополнительных частей первых секций и разноименные им выводы вторых секций связаны посредством линий с выводами переменного тока указанного моста, выводы которого по постоянному току образуют выходные выводы, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения, улучшения качества преобразования энергии и надеж-

ности, а также снижения массы, объема и стоимости, каждая основная часть секции снабжена дополнительным отводом, к которому подключена свободным выводом смежная по фазе вторая секция в порядке индексной последовательности фаз.

12. Источник по п. 11, отличающийся тем, что числа витков основной и дополнительной частей первой секции и витков второй секции, а также витков от дополнительного до основного отвода установлены в соотношении  $\sqrt{3} : 1 : 1 : 1$ .

13. Источник электропитания, содержащий шестичейковый вентильный мост и трехфазный трансформатор, вентильные обмотки которого содержат в каждой фазе по две секции, первые секции, поделенные каждая отводом на две части, соединены основными частями в замкнутый треугольник, а одни выводы вторых секций и свободные выводы дополнительных частей первых секций связаны посредством линий с выводами переменного тока указанного моста, выводы которого по постоянному току образуют выходные выводы, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения, улучшения качества преобразования энергии и надежности, а также снижения массы, объема и стоимости, все соединенные с линиями выводы обмоток выполнены одноименными, а вторые секции своими другими выводами подключены пофазно к указанным свободным выводам смежных по фазе дополнительных частей первых секций в порядке их индексного чередования.

14. Источник по п. 13, отличающийся тем, что числа витков основной и дополнительной частей первой секции и витков второй секции установлены в соотношении  $\sqrt{3} : 1 : \sqrt{3}$ .

15. Источник электропитания, содержащий шестичейковый вентильный мост и трехфазный трансформатор с сетевыми и вентильными обмотками, при этом вентильные обмотки содержат в каждой фазе по две секции, первые секции, поделенные каждая отводом на две части, соединены основными частями в замкнутый треугольник, а выводы вторых секций и свободные выводы дополнительных частей первых секций связаны посредством линий с выводами переменного тока указанного моста, один из выводов которого по постоянному току образует первый выходной вывод, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения улучшения качества преобразования энергии и надежности, а также снижения массы, объема и стоимости, указанные секции соединены в трезиг и вместе с вентильным мостом образуют однофазную шестичейковую структуру, которая дополнительно снабжена по меньшей мере еще одной такой же однофазной структурой, вывод по постоянному току которой, разнополярный с указанным, образует второй выходной вывод.

16. Источник по п. 15, отличающийся тем, что свободные выводы постоянного тока указанных структур образуют другие выходные выводы.

17. Источник по п. 16, отличающийся тем, что разнополярные выходные выводы данной структуры предназначены для подключения соответствующей автономной нагрузки.

18. Источник по п. 17, отличающийся тем, что для подключения соответствующей нагрузки предназначены разнополярные выходные выводы смежных структур, образуя последовательную замкнутую цепь.

19. Источник по п. 18, отличающийся тем, что указанные структуры соединены по постоянному току однополярно параллельно.

20. Источник по п. 15, отличающийся тем, что указанные структуры соединены по постоянному току параллельно через магнитно связанные либо не связанные между собой дополнительно введенные индуктивности, попарно зашунтированные либо не зашунтированные вспомогательным конденсатором.

21. Источник по п. 15, отличающийся тем, что указанные структуры соединены по постоянному току последовательно разнополярными выводами.

22. Источник по п. 21, отличающийся тем, что все  $i_x$  структур распределены по  $\mu_x$  группам с  $i_{x\mu}$ -структурами в  $\mu$ -й группе, каждая из которых зашунтирована дополнительно введенным конденсатором, причем  $i_x = \sum_{\mu \in \mu_x} i_{x\mu}$ ;  $\{\mu, i_{x\mu}, i_x\} \in N$ ;  $N$  — числа натурального ряда, а  $i_{xk}$  и  $i_{xv}$  при  $\{k, v\} \in \mu$  равны либо не равны между собой.

23. Источник по п. 15, отличающийся тем, что все  $\exists_x$  структур распределены по  $n_x$  звеньями с  $k_{xn}$ -структурами в каждом  $n$ -м звене, соединенными однополярно параллельно непосредственно либо через дополнительно введенные индуктивности с шунтирующими конденсаторами или без них, причем  $\exists_x = \sum_{n=0}^{n_x} k_{xn}$ ;  $\{n, k_{xn}, \exists_x\} \in N$ , а  $k_{xn}$  и  $k_{xv}$  при  $\{\mu, v\} \in n$  равны либо не равны между собой.

24. Источник по пп. 15—23, отличающийся тем, что сетевые и вентильные обмотки всех указанных структур выполнены на одном магнитопроводе.

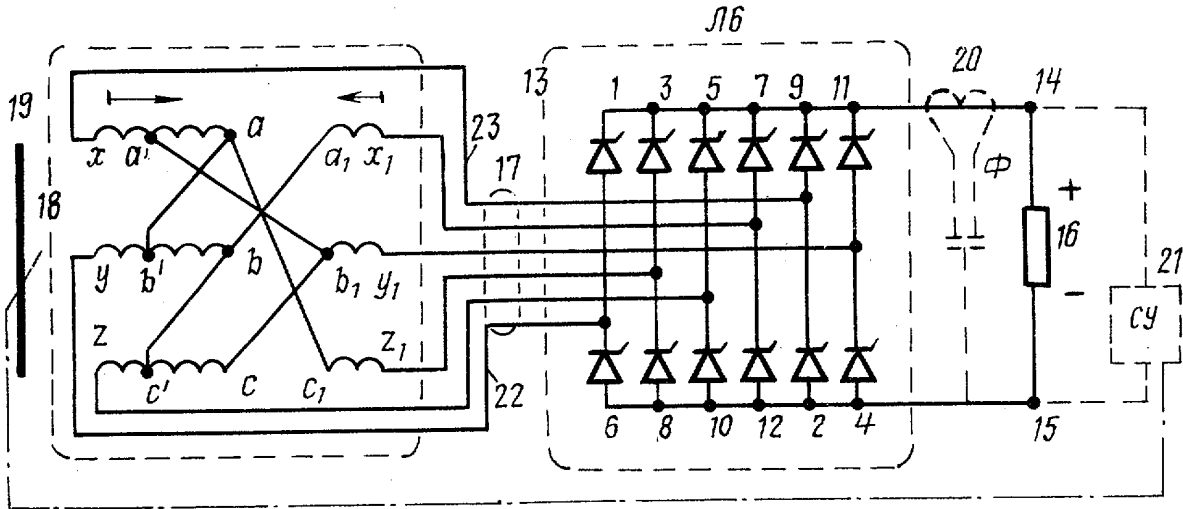
25. Источник по п. 24, отличающийся тем, что указанный магнитопровод выполнен пространственным.

26. Источник по пп. 24 и 25, отличающийся тем, что сетевые обмотки выполнены в виде трехфазной обмотки, общей для всех указанных структур.

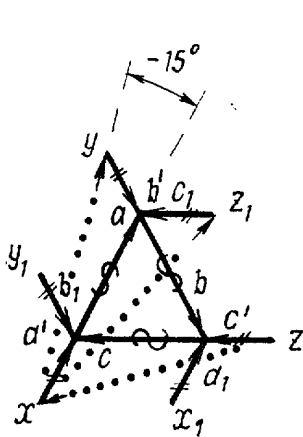
27. Источник по п. 26, отличающийся тем, что трехфазная сетевая обмотка соединена в правильный замкнутый треугольник либо в правильную трехлучевую звезду.

28. Источник по п. 24, отличающийся тем, что сетевые обмотки одной части структур соединены в левый, а другой их части — в правый неполные односторонние треуголь-

ники, векторы между вершинами которых в фазовой плоскости сдвинуты относительно векторов ЭДС обмоток соответственно на  $\pm\varphi$  градусов.

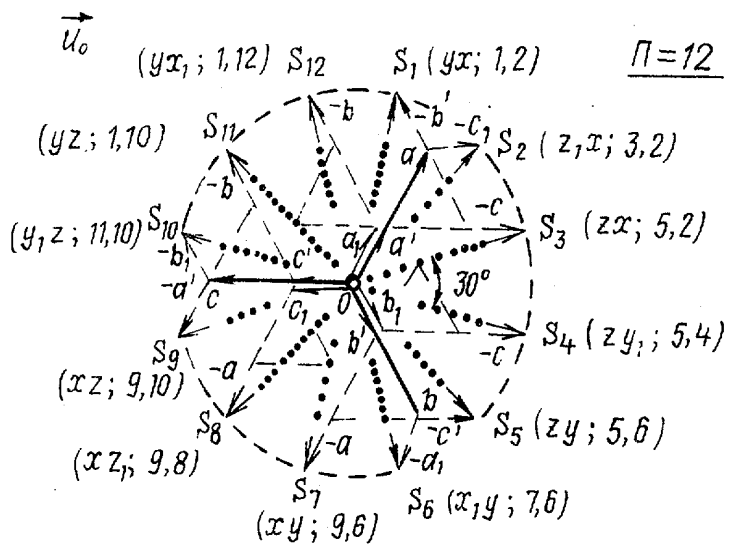


Фиг.1

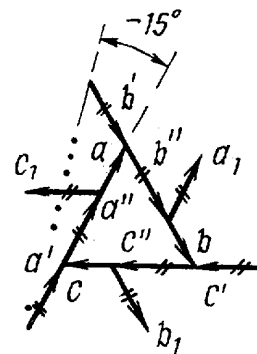
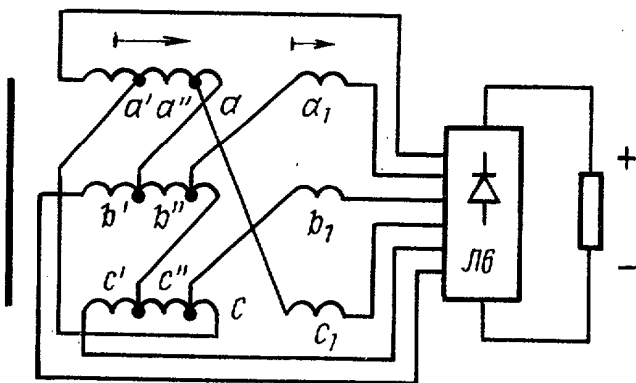


$W_{\Sigma\alpha} = 3.334; B = 12$

Фиг.2

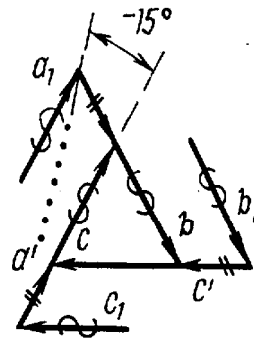
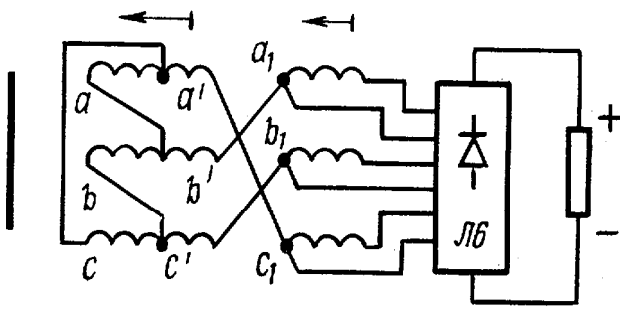


Фиг.3



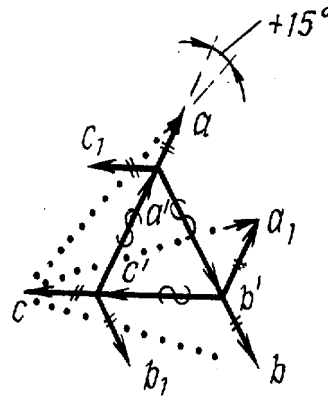
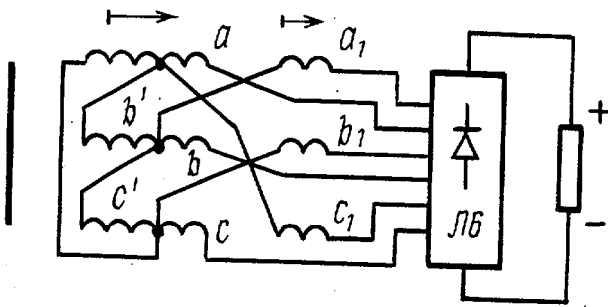
$\Pi = 12$   
 $B = 12$   
 $W_{\Sigma\alpha} \approx 3.34$

Фиг.4



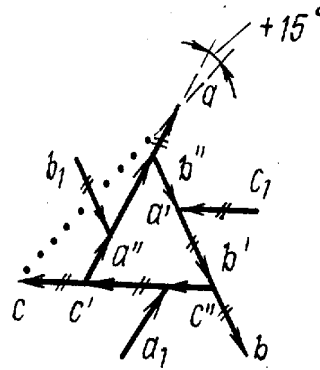
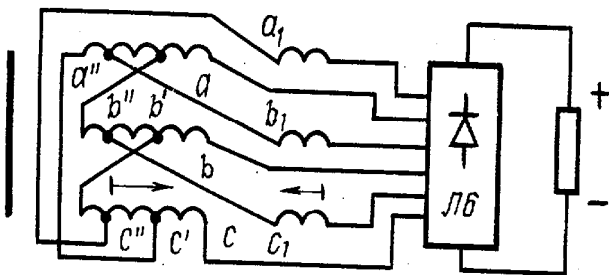
$\Pi = 12$   
 $B = 12$   
 $W_{\Sigma a} \approx 4$

Фиг.5



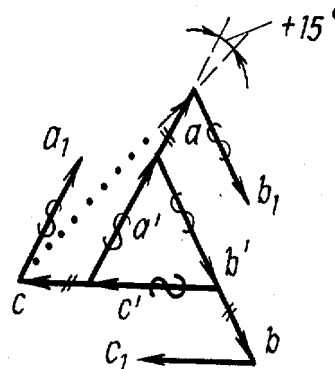
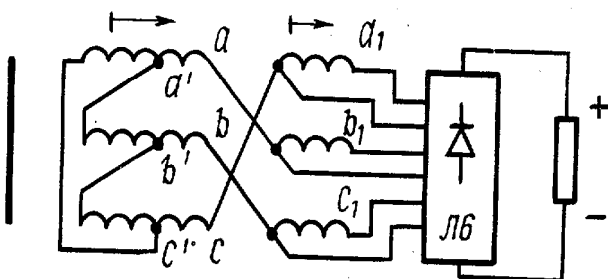
$\Pi = 12$   
 $B = 12$   
 $W_{\Sigma a} \approx 3,35$

Фиг.6



$\Pi = 12$   
 $B = 12$   
 $W_{\Sigma a} \approx 3,35$

Фиг.7

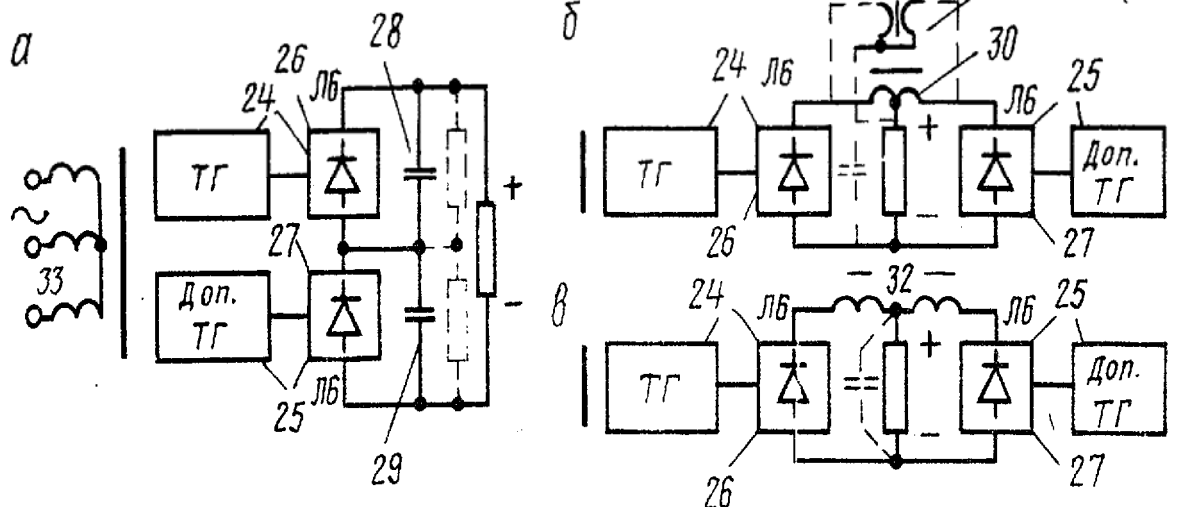


$\Pi = 12$   
 $B = 12$   
 $W_{\Sigma a} \approx 4$

Фиг.8

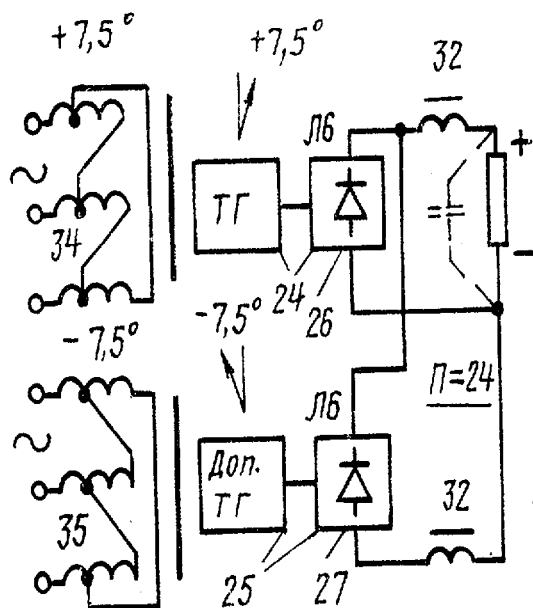


$\frac{\pi=12}{(\pi=24)}$



Фиг.9

$\pi=12$



Фиг.10

Редактор И. Рыбченко  
Заказ 2008/54

Составитель Е. Мельникова  
Техред И. Верес  
Тираж 631

Корректор М. Самборская  
Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5  
Филиал ППП «Патент», г. Ужгород, ул. Проектная, 4