

A. M. Repin. Constant voltage power supply. / A. M. Репин. Источник постоянного напряжения. П = П. // Гос.Ком.Изобр.Откр. (ГКИО СССР). Авт.Свид.Из. (АСИ СССР). № SU 1086524. БИ. № 14. 15.12.1983-15.4.1984. Заявл. 21.5.1982. № 3440785/24-07. МПК H02M7/08.

**Анонс.** Впервые при авторском дизайне и с АСИ публикуется описание данного 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

№ 1086524

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:  
**"Источник постоянного напряжения"**

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

Заявитель:

Заявка № 3440785 Приоритет изобретения 21 мая 1982г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

15 декабря 1983г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

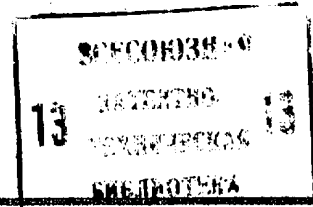


3(51) Н 02 М 7/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3440785/24-07  
(22) 21.05.82  
(46) 15.04.84. Бюл. № 14  
(72) А.М.Репин  
(53) 621.314.6 (088.8)  
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 813625, кл. Н 02 М 7/02, 1979.  
2. Авторское свидетельство СССР № 434546, кл. Н 01 М 5/14, 1969.

(54) (57) 1. ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ с П-кратной частотой пульсации, содержащий В=П вентилялей и два источника исходных переменных ЭДС, каждый из двух частей с отводами, сдвинутых по фазе ортогонально друг к другу, при этом один из отводов второго источника фазосдвинутой ЭДС выполнен от средней точки и образует один выходной вывод, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей, упрощения, улучшения коэффициента использования и повышения КПД, снижения массы, объема, стоимости, в нем источники фазосдвинутых ЭДС дополнительно снабжены соответствующим числом отводов, другой выходной вывод образован одним из отводов первого источника фазосдвинутых ЭДС, причем каждый из остальных его отводов соединен через один из В вентилялей с соответствующим отводом второго источника фазосдвинутой ЭДС.

2. Источник по п. 1, отличающийся тем, что все вентиляли по отношению к отводам данного источника фазосдвинутой ЭДС имеют одинаковое направление включения.

3. Источник по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что при нечетных значениях П, где  $\{П=1, 3, \dots, (2ν-1), \dots\}$  упомянутая средняя точка второго источника фазосдвинутой ЭДС соединена через вентиляль с первым выводом первого источника фазосдвинутой ЭДС, второй вывод которого подключен

к объединенным одноименным электродам двух вентилялей, другие электроды которых соединены, соответственно, с двумя первыми отводами второго источника фазосдвинутой ЭДС, отсчитываемыми по обе стороны относительно его средней точки, а последующие  $k^l$ -е пары отводов второго источника фазосдвинутой ЭДС через другие пары вентилялей соединены поочередно с соответствующими  $k$  и  $k''$ -ми отводами первой и второй частей первого источника фазосдвинутой ЭДС, при этом отвод от точки соединения этих частей образует другой выходной вывод, а  $(ν, П, k, k^l, k'')$  = 1,  $(ν, П, k, k^l, k'')$  - натуральные числа.

4. Источник по п. 3, отличающийся тем, что отводы с наибольшими значениями  $k^l, k_x$  и  $k''$  указанных текущих номеров  $k^l, k$  и  $k''$  образуют соответственно выводы второго и первого источников фазосдвинутых ЭДС и связаны с числами  $ν$  и  $П$  соотношениями  $k^l = (П-1)/2 = ν-1$ ;  $k_x = (П+4)/4 = (2ν+3)/4$ ;  $k'' = (П+2)/4 = (2ν+1)/4$ , причем в двух последних соотношениях берется целая часть числа,

5. Источник по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что при четных значениях П ( $П=2, 4, \dots, 2ν, \dots$ ) точка соединения двух частей первого источника фазосдвинутой ЭДС образует среднюю точку, каждая из этих частей выполнена с одинаковым числом  $k_x$  отводов, которое при  $П=4, 8, \dots, 4ν, \dots$  равно  $ν = П/4$  и равно числу отводов каждой части второго источника фазосдвинутой ЭДС ( $k^l = k_x$ ), при  $П=2, 6, 10, \dots, 2(2ν-1), \dots$  это число  $k_x$  равно  $ν = (П+2)/4$  и больше на единицу указанного числа  $k^l (k^l = k_x - 1)$ , причем, в последнем случае к  $k_x$ -м отводам первого источника фазосдвинутой ЭДС подключены по одному одысименными электродами два вентиляля, другие электроды

SU (11) 1086524 A

которых соединены со средней точкой второго источника фазосдвинутой ЭДС, а к каждому из его попарно  $k_x$ -х отводов такими же электродами подключено при любых  $P=2\psi$  по два вентиля, которые другими одноименными электродами попарно соединены между собой и образуют закрытый черетыхвентильный мостик, при этом свободные точки соединения этих электродов, образующие два входа указанного мостика, соединены соответственно с парами  $(k_x - k)$ -х при  $P=2(2\psi - 1)$  либо  $(k_x - k' + 1)$ -х при  $P=4\psi$  отводов упомянутых частей первого источника фазосдвинутой ЭДС.

6. Источник по п. 5, отличающийся тем, что при  $P=4\psi$   $k_x$ -я пара отводов первого источника фазосдвинутой ЭДС и соответственно  $(k_x - k)$ -я пара отводов второго источника фазосдвинутой ЭДС соединены со средней точкой второго (первого) источника фазосдвинутой ЭДС через подключаемые к ним одноименными электродами два вентиля, а  $k$ -я пара отводов первого источника фазосдвинутой ЭДС соединена через закрытый четырехвентильный мостик с  $(k_x - k)$ -ми отводами второго источника фазосдвинутой ЭДС.

7. Источник по п. 4, отличающийся тем, что указанные  $(k, k''$

и  $k')$  -е отводы первого и второго источников выполнены на топологическом расстоянии от их образующих выходные выводы точек, равном соответственно,  $\cos(k_x - k) 2\theta$ ,  $\cos[2(k_x - k'') + 1]\theta$  и  $\sin k'\theta$ , относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода, где  $\theta = \pi/P$ .

8. Источник по п. 5, отличающийся тем, что при  $P=2(2\psi - 1)$   $(k$  и  $k')$ -е отводы первого и второго источников выполнены на топологическом расстоянии от их средних точек, равном соответственно  $\sin(2k - 1)\theta$  и  $\sin 2k'\theta$ , относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода.

9. Источник по п. 5, отличающийся тем, что при  $P=4\psi$   $k$ -е и  $k''$ -е отводы указанных источников выполнены на топологическом расстоянии от их средней точки равном  $\sin(2k - 1)\theta$  и  $\sin 2k'\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода, причем  $k = k''$ .

10. Источник по п. 6, отличающийся тем, что  $(k = k')$ -е отводы указанных источников выполнены на топологическом расстоянии от их средних точек равном  $\sin 2k\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода.

1  
Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в качестве источника электропитания постоянным током, преимущественно низковольтной сильноточной нагрузки, для которой повышение кратности частоты пульсаций постоянного напряжения требуется обеспечить посредством минимально возможного числа источников фазосдвинутых (ФС) ЭДС, в частности числа однофазных силовых трансформаторов, их обмоток и числа витков последних.

15  
20  
25  
Известен источник постоянного напряжения, содержащий два источника исходных переменных ЭДС, сдвинутых по фазе ортогонально по отношению друг к другу и формируемых посредством двух однофазных трансформаторов, вторичные (вентильные) обмотки каждого из которых состоят из двух частей со средними точками, соединенными соответствующим образом между собой, и шесть вентилях, при этом два объединенных вывода синфазных частей вторичных обмоток одного из трансформаторов образует один, а остальные свободные выводы частей обмоток,

2  
объединенные через однонаправленно подключенные к ним вентиля, - другой выходы устройства. Достоинством известного устройства является обеспечение им повышенной кратности  $P$  частоты пульсации выходного напряжения ( $P=6$ ) при наличии всего лишь двух однофазных силовых трансформаторов [1].

Недостатками устройства являются ограниченные функциональные возможности, наличие довольно большого числа отдельных частей вторичных обмоток (равного четырем при  $P=6$ ) и большого числа их витков. Суммарное витковое число  $W_{\Sigma \alpha} = W_{\Sigma} / W_{\delta}$ , показывающее отношение общего (суммарного) числа  $W_{\Sigma}$  витков всех частей вторичных обмоток к базовому числу витков  $W_{\delta}$  (принятому в данном случае равным числу витков  $W_{\delta}$  с амплитудой напряжения на них, равной амплитуде  $U_{\alpha 0}$  выходного напряжения в режиме холостого хода устройства), составляет при  $P=6$  5,464 или примерно 5,5, что, несмотря на наличие лишь двух трансформаторов, практически близко к суммарному витковому числу, равному 6,

присущему (при равноценной кратности частоты пульсации) трехтрансформаторному источнику.

Наиболее близким к изобретению является источник постоянного напряжения с  $P$ -кратной частотой пульсации, содержащий  $V=P$  вентиля и два источника исходных переменных ЭДС с отводами, сдвинутых по фазе ортогонально по отношению друг к другу и формирующихся на обмотках двух однофазных трансформаторов, один из указанных отводов второй ФС ЭДС выполнен от ее средней точки и образует один из выходов устройства. Это устройство обладает определенной общностью, позволяя получить ряд частных схемных реализаций с соответствующей частотной кратностью пульсаций [2].

Недостатком этого устройства являются сравнительно ограниченные функциональные возможности, обусловленные получением частоты пульсаций, лишь кратной четырем ( $P=4v, v=1, 2, \dots, v_x=1, v_x$ ), для чего требуется большое количество отдельных частей вторичных обмоток ( $W_2$ ) и большое число их витков ( $w_2$ ). Так, при кратности  $P=8$  число  $W_2=6$ , при  $P=12$   $W_2=6$ , при  $P=24$   $W_2=14$ . Соответственно витковое число при этом составляет  $W_{\Sigma a}^{(8)}=9,66, W_{\Sigma a}^{(12)}=10,93, W_{\Sigma a}^{(24)}=24,52$ .

Кроме того, реализация этого источника постоянного напряжения требует выполнения большого количества непосредственных гальванических соединений всех отводов между собой в эквипотенциальных точках, что также приводит к значительному усложнению конструкции источника, технологии его изготовления и протекания физических процессов в нем. Последнее связано, в частности, с возникновением уравнительных токов в многочисленных замкнутых контурах перекрещивающихся частей обмоток. Эти токи возникают вследствие естественного нарушения указанной эквипотенциальности, вызываемого технологическим разбросом чисел витков соединенных частей, их различными сопротивлениями из-за неодинаковости длин витков намотанных разным диаметром и пр. Следствием всего этого являются значительная сложность устройства, его сравнительно низкие надежность и КПД, невысокий коэффициент использования мощности обмоток и, как следствие, плохие массо-габаритные и стоимостные показатели.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей, упрощение, улучшение коэффициента использования и повышение КПД, снижение массы, объема и стоимости.

Указанная цель достигается тем, что в источнике постоянного напряжения с  $P$ -кратной частотой пульсации,

содержащем  $V=P$  вентиля и два источника исходных переменных ЭДС, каждый из двух частей с отводами, сдвинутых по фазе ортогонально друг к другу, при этом один из отводов второго источника фазосдвинутой ЭДС выполнен от средней точки и образует один выходной вывод, указанные источники фазосдвинутых ЭДС дополнительно снабжены соответствующим числом отводов, другой выходной вывод образован одним из отводов первого источника фазосдвинутой ЭДС, причем каждый из остальных его отводов соединен через один из  $V$  вентиля с соответствующим отводом второго источника фазосдвинутой ЭДС.

Кроме того, все вентили по отношению к отводам данного источника фазосдвинутой ЭДС имеют одинаковое направление включения.

При нечетных значениях  $P$ , где  $P=1, 3, \dots, (2v-1), \dots$ , упомянутая средняя точка второго источника фазосдвинутой ЭДС соединена через вентиль с первым выводом источника фазосдвинутой ЭДС, второй вывод которого подключен к объединенным одноименным электродам двух вентиля, другие электроды которых соединены соответственно с двумя первыми отводами второго источника, фазосдвинутой ЭДС, отсчитываемыми по обе стороны относительно ее средней точки, а ее последующие  $k'$ -е пары отводов второго источника через другие пары вентиля соединены поочередно с соответствующими  $k$  и  $k''$ -ми отводами первой и второй частей первого источника фазосдвинутой ЭДС, при этом отвод от точки соединения этих частей образует другой выход устройства,  $a\{v, P, k, k', k''\} = 1\{v_x, P_x, k_x, k'_x, k''_x$  - натуральные числа.

Отводы с наибольшими значениями  $k'_x, k_x$  и  $k''_x$  указанных текущих номеров  $k', k$  и  $k''$  образуют соответственно выводы второго и первого источников и связаны с числами  $v$  и  $P$  соотношениями  $k'_x = (P-1)/2 = v-1; k_x = (P+1)/4 = (2v+3)/4; k''_x = (P+2)/4 = (2v+1)/4$ , причем в двух последних соотношениях берется целая часть числа.

Кроме того, при четных значениях  $P$  ( $P=2, 4, \dots, 2v, \dots$ ) точка соединения двух частей первого источника фазосдвинутой ЭДС образует среднюю точку, каждая из этих частей выполнена с одинаковым числом  $k_x$  отводов, которое при  $P=4, 8, \dots, 4v, \dots$  равно  $v=P/4$  и равно числу  $k'_x$  отводов каждой части второго источника ( $k'_x = k_x$ ) при  $P=2, 6, 10, \dots, 2(2v-1), \dots$  это число  $k_x$  равно  $v=(P+2)/4$  и больше на единицу указанного числа  $k'_x$  ( $k'_x = k_x - 1$ ), причем, в последнем случае к  $k_x$ -м отводам первого источника фазосдвинутой ЭДС подключены по одному одноименными электродами два вентиля,

другие электроды которых соединены со средней точкой второго источника, а к каждому из его попарно  $k'$ -х отводов такими же электродами подключено при любых  $P=2\nu$  по два вентиля, которые другими одноименными электродами соединены попарно между собой и образуют закрытый четырехвентильный мостик, при этом свободные точки соединения этих электродов, образующие два входа указанного мостика, соединены соответственно с парами  $(k_x - k')$ -х при  $P=2(2\nu - 1)$  либо  $(k_x - k' + 1)$ -х при  $P=4\nu$  отводов упомянутых частей первого источника фазосдвинутой ЭДС.

При  $P=4\nu$   $k_x$ -я пара отводов первого источника и соответственно  $(k'_x = k'_x)$ -я пара отводов второго источника соединены со средней точкой второго (первого) источника через подключенные к ним одноименными электродами два вентиля, а  $k$ -я пара отводов первого источника ЭДС соединена через закрытый четырехвентильный мостик с  $(k'_x - k)$ -ми отводами второго источника фазосдвинутой ЭДС.

Указанные  $(k, k'', k')$ -е отводы первого и второго источников выполнены на топологическом расстоянии от их образующих выходные выводы точек, равно, соответственно,  $\cos(k_x - k)2\theta$ ,  $\cos[2k_x - k''] + 1$  и  $\sin k'\theta$ , относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода, где  $\theta = \pi/P$ .

При  $P=2(2\nu - 1)$   $(k$  и  $k')$ -е отводы первого и второго источников выполнены на топологическом расстоянии от их средних точек, равно соответственно  $\sin(2k - 1)\theta$  и  $\sin 2k'\theta$ , относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода.

При  $P=4\nu$   $k$ -е и  $k''$ -е отводы указанных источников выполнены на топологическом расстоянии от их средней точки, равно  $\sin(2k - 1)\theta$  и  $\sin(2k'' - 1)\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода, причем  $k = k''$ .

Кроме того,  $(k = k')$ -е отводы указанных источников выполнены на топологическом расстоянии от их средних точек, равно  $\sin 2k\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода.

На фиг. 1 приведена схема устройства, обеспечивающего 9-кратную ( $P=9$ ) частоту пульсации; на фиг. 2 - ее векторная диаграмма формирования гокообразующих ЭДС  $S_{\mu}$  ( $\mu = 1, 9$ ) в фазовой плоскости; на фиг. 3 - схемы устройства с векторными диаграммами при нечетном числе  $P$ ; на фиг. 4 - их модификации; на фиг. 5 - 9 - схемы устройства и соответствующие им векторные диаграммы при различных четных значениях  $P$ , образующиеся различными способами: а) при  $P=2(2\nu - 1)$

(фиг. 5,  $\nu=3$ ,  $P=10$ ; фиг. 6,  $\nu=5$ ,  $P=18$ ), б) при  $P=4\nu$  с уменьшенным числом четырехвентильных мостиков (фиг. 7,  $\nu=2$ ,  $P=8$ ; фиг. 8,  $\nu=3$ ,  $P=12$ ), в) при  $P=4\nu$  с уменьшенными суммарным витковым числом  $W_{\Sigma\alpha}$  (фиг. 9,  $\nu=3$ ,  $P=12$ ).

Устройство (фиг. 1) содержит  $V=P$  вентилях 1-9 ( $V=9$ ) и два источника исходных переменных ЭДС 10 и 11 с отводами 12-26. Фаза первой ЭДС 10 по отношению ко второй ЭДС 11 сдвинута на 90 эл. град., а сами ортогонально фазосдвинутые ФС ЭДС сформированы на вторичных обмотках двух однофазных трансформаторов 27 и 28. Отвод 18 второй ФС ЭДС 11 выполнен от ее средней точки и образует выходной вывод 29 устройства. Его другой выходной вывод 30, подключенный к выходу 29 через нагрузку 31, образован отводом 17 первой ФС ЭДС 10. Каждый из остальных отводов 12-16 соединен через один из  $P$  вентилях 1-9 с соответствующим отводом 18-26 второй ФС ЭДС. При этом все вентилях 1-9 по отношению к отводам 12-16 ФС ЭДС 10 или отводам 18-26 ФС ЭДС 11 имеют одинаковое направление включения.

При нечетных значениях  $P$  ( $P=1, 3, \dots, (2\nu - 1), \dots; \nu=1, 2, \dots$ ) средняя точка 18 второй ФС ЭДС 11 соединена через вентиль 1 первым отводом 12 первой ФС ЭДС 10, второй отвод 13 которой подключен к объединенным электродам двух вентилях 5-6. Их другие электроды соединены соответственно с отводами 19 и 20 второй ФС ЭДС 11, являющимися первыми при их счете в обе стороны относительно ее средней точки отвода 18. Последующие  $k'$ -е пары отводов 21-22, 23-24, 25-26 ФС ЭДС 11 соединены поочередно через другие пары вентилях 2-9, 4-7, 3-8 с соответствующими им  $k$ -ми отводами (16, 14) и  $k''$ -ми отводами (15) первой части 32 и второй части 33 первой ФС ЭДС 10. При этом отвод 17 от точки соединения этих частей 32 и 33 образует вывод 30 устройства, а  $(\nu, P, k, k', k'' = 1, (\nu, P, k, k', k''))$  представляют собой числа натурального ряда.

В частности, отводы с наибольшими значениями  $k_x, k'_x, k''_x$  указанных текущих номеров  $k, k'', k'$  могут являться соответственно отводами 12, 13, 25 и 26 первой ФС ЭДС 10 и второй ФС ЭДС 11. При этом сами значения  $k_x$  могут быть связаны с числами  $\nu$  и  $P$  соотношениями  $k_x = (P+4)/4 = (2\nu+3)/4$ ,  $k''_x = (P+2)/4 = (2\nu+1)/4$ ,  $k'_x = (P-1)/2 = \nu - 1$ . Так как в первых двух соотношениях образуются дробные числа, в них берется целая часть. В частности, при  $\nu=5$  устройство формирует 9-кратную

частоту пульсации ( $P=9$ ), что может быть обеспечено при наибольшем значении  $k_x$  текущих номеров  $k$ -х отводов 12, 14, 16 первой части 32 первой ФС ЭДС 10, равно  $k_x=(9+4)/4=3,25=3$ ; при наибольшем значении  $k''$  текущих номеров  $k''$ -х отводов 15 и  $k'$  13 второй части 33 той же ФС ЭДС 10, равно  $k''=(9+2)/4=2,75=2$ ; при наибольшем значении  $k'_x$  текущих номеров  $k'_x$ -х отводов 19, 21, 23, 25, (20, 22, 24, 26) любой из частей 34 (35) второй ФС ЭДС 11, равно  $k'_x=(9-1)/2=4$ .

Устройство (фиг. 1) работает следующим образом.

Если в данный момент наибольшее значение относительно выводов 29, 30 имеет первая ФС ЭДС 10, то под действием части 32 этой ФС ЭДС открыт клапан 1, и через нагрузку 31 протекает ток. Контур токопрохождения содержит следующие элементы: отвод 12 - клапан 1 - отвод 29 - нагрузка 31 - вывод 30 - отвод 17. Между отводами 18 и 17 формируется токообразующая ЭДС  $S_1$  (условно-первая). Ее вектор с фазовой плоскости показан на фиг. 2. Эта ЭДС  $S_1$  образует выходное напряжение  $U_{31}$  на нагрузке 31, изменяющееся в определенном интервале времени по закону изменения ЭДС  $S_1$ . Пусть ФС ЭДС 10, 11 и следовательно токообразующая ЭДС  $S_{\mu}$  изменяются по наиболее типовому - синусоидальному закону. Тогда с течением времени, соответствующем в фазовой плоскости (фиг. 2) изменению угловой координаты вправо относительно вектора  $S_1$ , значение ЭДС  $S_1$  (напряжения  $U_{31}$ ) уменьшается, что на фиг. 2 показано штрихпунктиром. Через некоторое время, соответствующее при полной амплитудно-фазовой симметрии токообразующих ЭДС  $S_{\mu}$  углу  $\theta = \pi/P$  (половине периода огибающей этих ЭДС), значение ЭДС  $S_1$  становится меньше значения последующей токообразующей ЭДС  $S_2$ , под действием которой открывается клапан 2. При этом между катодом и анодом клапана 1 образуется положительная разность потенциалов, равная разности между ЭДС  $S_2$  и  $S_1$ , и клапан 1 закрывается. ЭДС  $S_2$  представляет собой суммарное значение двух ортогонально сдвинутых по фазе значений: части между отводами 14-17 первой ЭДС 10 и части между отводами 18-21 второй ЭДС 11. Контур токопрохождения содержит элементы: отвод 14 - клапан 2 - отвод 21 - отвод 18 - вывод 29 - нагрузка 31 - вывод 30 - отвод 17.

Аналогичным образом формируются остальные токообразующие ЭДС  $S_{\mu}$ , огибающая которых, показанная штрихпунктиром на фиг. 2 в виде диаграммы, является выходным напряжением  $U_{31}$  устройства. Оно содержит посто-

янную  $\sqrt{31}$  и переменную  $U_{31}$  составляющие, причем последняя, как это видно из этой диаграммы, изменяется (пульсирует) с частотой  $f_n$ , превышающей частоту изменения любой из ЭДС в  $P$  раз (на фиг. 2  $P=9$ ). Таким образом, в отличие от прототипа, обеспечивающего значения  $P$ , кратные четырем (т.е. ограниченные значения), предлагаемое устройство обеспечивает любую частотную кратность пульсации, в том числе нечетную, не свойственную прототипу. Этим достигается расширение функциональных возможностей устройства, а вентильной развязкой фазосдвинутых ЭДС - существенное улучшение протекания электромагнитных процессов. Кроме того, устройство при любых значениях  $P$  содержит всего лишь две разделенные части ФС ЭДС 10, 11 против значительного их числа в прототипе - например, при  $P=8$  требуется 6 частей, при  $P=24$  - 14 и т.д., что в 3,7 и т.д. раз больше, чем в устройстве.

Суммарное витковое число  $W_{\Sigma \alpha}$  в устройстве при любых значениях  $P$  не превышает четырех ( $W_{\Sigma \alpha} \leq 4$ ), что существенно меньше чем в прототипе. Так, например, при  $P=9$  число  $W_{\Sigma \alpha}^{(9)}$  составляет в устройстве  $W_{\Sigma \alpha}^{(9)} = 1 + \cos \theta + 2 \cos \theta / 2 = 3,92$ , что по отношению к числам  $W_{\Sigma \alpha}^{(8)} = 9,66$  и  $W_{\Sigma \alpha}^{(24)} = 24,52$ , требующимся в прототипе при обеспечении им 8- и 24-кратной частоты пульсации соответственно в 2,46 и 6,26 раз меньше. Уменьшением в несколько раз числа отдельных частей трансформаторных обмоток и общего числа их витков достигается существенное упрощение конкретных схемных реализаций устройства, его конструкции и технологии изготовления, а также снижение массы, объема, стоимости по сравнению с прототипом.

Так как одни и те же части ФС ЭДС 10, 11 участвуют в формировании разных токообразующих ЭДС  $S_{\mu}$  ( $\mu = \overline{1, P}$ ), то коэффициенты использования этих ФС ЭДС по мощности существенно улучшены по сравнению с прототипом, а КПД повышен за счет уменьшения суммарного числа витков (их сопротивления). Это также улучшает массо-габаритные и стоимостные показатели источника и обеспечивает ему возможность более широкой области применения, чем прототипу.

При сохранении числа  $P$  нечетным на фиг. 3 приведены дополнительные конкретные схемные реализации и соответствующие им векторные диаграммы при  $P=3, 5, 7$ . На фиг. 4 показаны их модификации, основанные на измененной полярности включения клапанов. На фиг. 5а дана схема устройства при четном числе  $P$  ( $P=10$ ), относящаяся к первой группе четных чисел.

Они образуются согласно алгоритму  $P=2(2\nu-1)$ ,  $\nu=1, 2, \dots, \nu_x$ .

При любых четных  $P$ , в том числе три четных  $P$  данной группы, точка 36 соединения двух частей 36 и 38 первой ФС ЭДС 39 образует среднюю точку. Каждая образованная при этом ЭДС 37 (38) содержит одинаковое число  $k_x$  отводов 40, 41, 42 (43, 44, 45), которое при  $P=2(2\nu-1)$  равно  $\nu$  (на фиг. 5  $k_x=\nu=3$ ) и больше на единицу числа  $k'_x$  (на фиг. 5  $k'_x=k_x-1=3-1=2$ ) отводов 46, 48 (47, 49) каждой ЭДС 50 (51) второй ФС ЭДС 52. При этом к  $k$ -ым отводам 42, 45 первой ФС ЭДС 39 (ее выводам) подключены по одному одноименными электродами два вентиля 53 и 54, другие электроды которых соединены со средней точкой 55 второй ФС ЭДС 52. К каждому из попарно  $k$ -ых отводов 46, 47 (48, 49) ЭДС 50 (51) ФС ЭДС 52 такими же электродами подключено по два вентиля 56, 57, 58, 59 (60, 61, 62, 63), которые другими своими одноименными электродами соединены попарно между собой 56, 58 и 57, 59 (60, 62 и 61, 63) и образуют четырехвентильный мостик 64 (65). Причем указанный мостик, как и обычный двухячейковый (однофазный) мост Греча-Поллака, содержит две вентильные ячейки из двух последовательно соединенных вентильных плеч (вентилей) в каждой из них. Но, в отличие от моста Греча-Поллака, в котором в каждом из указанных плеч (присоединенных своими объединенными точками к нагрузке) вентили включены однонаправленно согласно и в котором, при подключении переменной ЭДС к другой паре объединенных точек вентильных плеч через нагрузку протекает ток, в мостике 64 (65) при подключении ЭДС и нагрузки к его разным диагоналям ток не протекает. Путь для него закрыт встречно включенными вентилями 56-59. В связи с этим такого типа мосты в отличие от известных являются "закрытыми", а их включение по традиционным схемам нецелесообразным.

Однако включение мостиков 64 и 65 в устройстве с четными  $P$  по схеме соединений, показанных на фиг. 5, обеспечивает тот же новый эффект использования отдельных частей ФС ЭДС 39, 52, что и описанный при нечетном числе  $P$ . Однако в отличие от последнего случая линия соединения, например, вентиля 60 с одним из отводов второй ФС ЭДС 52 оказывается совпадающей с линией соединения вентиля 61 с другим отводом ФС ЭДС 52 (в данном случае с тем же отводом 48, который будет другим при нечетном  $P$ ). Следовательно, при четных  $P$  число линий соединения отводов разных

ФС ЭДС уменьшается по отношению к устройству с нечетными  $P$ . Причем это образуется несмотря на подключение вентиля 61 к противоположному относительно отвода 40 отводу 43 и обусловлено возникающей при четных  $P$  симметрией. Вследствие симметрии при четных  $P$  двухвентильные ячейки схемных реализаций с нечетными  $P$ , соединяясь по совпадающим линиям, образуют указанные четырехвентильные мостики, которые при включении имеют одну входную (между парой объединенных анодов) и выходную (между парой объединенных катодов) диагонали. Подключение входной диагонали мостика к отводам первой ФС ЭДС, а его выходной диагонали - к отводам второй ФС ЭДС, и обеспечивает токопрохождение по разным контурам, повышая использование мощности этих ФС ЭДС.

Устройство, изображенное на фиг. 5, работает следующим образом.

При наибольшем положительном значении ФС ЭДС 39 под действием ее части 37 открывается вентиль 53 и через нагрузку 66 протекает ток. Токообразующая ЭДС  $S_1$ , вектор которой показан в фазовой плоскости на фиг. 5б, формирует выходное напряжение  $U_{65}$ . Затем открывается вентиль 65, а вентиль 53 закрывается. В работе участвует токообразующая ЭДС  $S_2$ , представляющая собой векторную сумму части между отводами 41-36 части 37 и ортогональной ей части между отводами 46-55 части 50. При обеспечении амплитудно-фазовой симметрии фазовый угол между векторами ЭДС  $S_1$  и  $S_2$  составляет  $2\theta$  (на фиг. 5б угол  $2\theta=2\pi/P=2\pi/10=36^\circ$ ). Этот угол равен периоду огибающей токообразующих ЭДС  $S_\mu$  ( $\mu=1, P$ ), показанной на фиг. 5б штрихпунктиром. Как и на фиг. 2-4, эта огибающая образует по форме своего рода лепестки, которые наглядно иллюстрируют частоту и уровень пульсации выходного напряжения  $U_{65}$ . Как видно на фиг. 5б, кратность частоты пульсации выходного напряжения равна десяти. Это достигается выполнением  $k$ -х отводов (40, 41, 42, 43, 44, 45) и  $k'$ -х отводов (46, 48, 47, 49) ФС ЭДС 39, 52 на топологическом расстоянии от средних точек 36 и 55, равном соответственно  $\sin(2k-1)\theta$  и  $\sin 2k'\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода.

В соответствии с этим, а также с учетом указанных значений числа отводов  $k_x$  и  $k'_x$ , на фиг. 6 приведена принципиальная электрическая схема устройства и соответствующая ей диаграмма векторов токообразующих ЭДС  $S_\mu$  при  $P=18$  ( $\mu=1, 18$ ). При этом, как и при нечетном  $P$ , суммарное вит-

ковое число  $W_{\Sigma\alpha}$ , равное при данной группе четных  $\Pi$  значению  $2(1+\cos\theta)$ , также всегда меньше четырех (при  $\Pi=10$   $W_{\Sigma\alpha}^{(10)}=3,9$ , при  $\Pi=18$   $W_{\Sigma\alpha}^{(18)}=3,97$  и при близких к прототипу (адекватных) значениях  $\Pi$  в несколько раз меньше, чем в прототипе.

Так как данная группа четных  $\Pi$  (как и рассмотренных выше нечетных) вообще не реализуется в известном, то их реализация в предложенном устройстве также является его новым и существенно положительным свойством, еще более расширяющим функциональные возможности. При этом с ростом числа  $\Pi$  требующееся для его получения общее число частей ЭДС остается как и ранее (фиг. 1-4) неизменным, равным четырем либо при подсчете по целым частям - двум, что (по сравнению с прототипом, в котором количество этих отдельных частей ЭДС резко возрастает с увеличением  $\Pi$ ) позволяет относительно просто универсализировать предлагаемое устройство и унифицировать его в случаях возникающей потребности в создании типоминимального ряда. Этим обусловлено положительное свойство рассмотренных устройств, относящихся к важным для практики случаям с нечетными и четными, из первой их группы, значениями кратности  $\Pi$  частоты пульсации выходного напряжения.

Конкретные реализации устройства при четных значениях  $\Pi$ , образующих согласно алгоритму  $\Pi=4\nu$ , вторую группу значений, показаны на фиг. 7-9. При этом возможны два варианта.

Принципиальная электрическая схема устройства при числе  $\Pi$ , равном 8 ( $\nu=2$ ), относящаяся к первому варианту, приведена на фиг. 7. Кратность частоты пульсации и векторные диаграммы формирования токообразующих ЭДС  $S_{\mu}$  при этом варианте аналогичны векторным диаграммам прототипа, что предопределяет возможность их сопоставления при наиболее равноценных исходных условиях. Устройство на фиг. 7 содержит восемь вентиляей 67-74 и две ФС ЭДС 75 и 76, каждая из которых поделена средними точками 77 и 78 на две равные части 79, 80, 81, 82. Каждая из этих частей снабжена одинаковым числом  $k_{\chi}=k_{\chi}^I=\nu=\Pi/4$  отводов 83-90, а средние точки 77, 78 образуют выходные выводы 92, 93 устройства с подключенной к ним нагрузкой 93. При этом  $k_{\chi}$ -я пара отводов 84 и 86 первой ФС ЭДС 75 и соответственно ( $k_{\chi}^I=k_{\chi}$ )-я пара отводов 88, 90 второй ФС ЭДС 76 соединена со средней точкой 78 (77) второй (первой) ФС ЭДС через подключенные к ним одноименными электродами два вентиля 67, 71 (69, 73). К остальным по-

парно  $k^I$ -ым отводам 87 и 89 подключено по два вентиля 68, 70, 72, 74, которые другими одноименными электродами соединены попарно между собой и образуют четырехвентильный мостик 94. Этот мостик своими двумя входами соединен с  $k$ -ой парой отводов 83, 85 первой ФС ЭДС 75, а выходами - с ( $k_{\chi}^I-k$ )-ой парой отводов 87, 89 второй ФС ЭДС 76.

При наибольшем относительно выводов 91, 92 положительном значении ФС ЭДС 75 открывается вентиль 67 и через нагрузку 93 протекает ток под действием части ЭДС 75. На векторной диаграмме фиг. 7 она изображена вектором  $S_1$ , а вектор  $S_2$ , относящийся к второй токообразующей ЭДС, представляет собой геометрическую сумму векторов соответствующих частей ЭДС между отводами 83-77 и 87-78. Под действием ЭДС  $S_2$  открывается вентиль 68, а вентиль 67 закрывается, затем вступает в действие часть ЭДС 81, формирующая токообразующую ЭДС  $S_3$ , и ток через нагрузку 93 протекает по контуру: точка 78 - вывод 91 - нагрузка 93 - вывод 92 - вентиль 69.

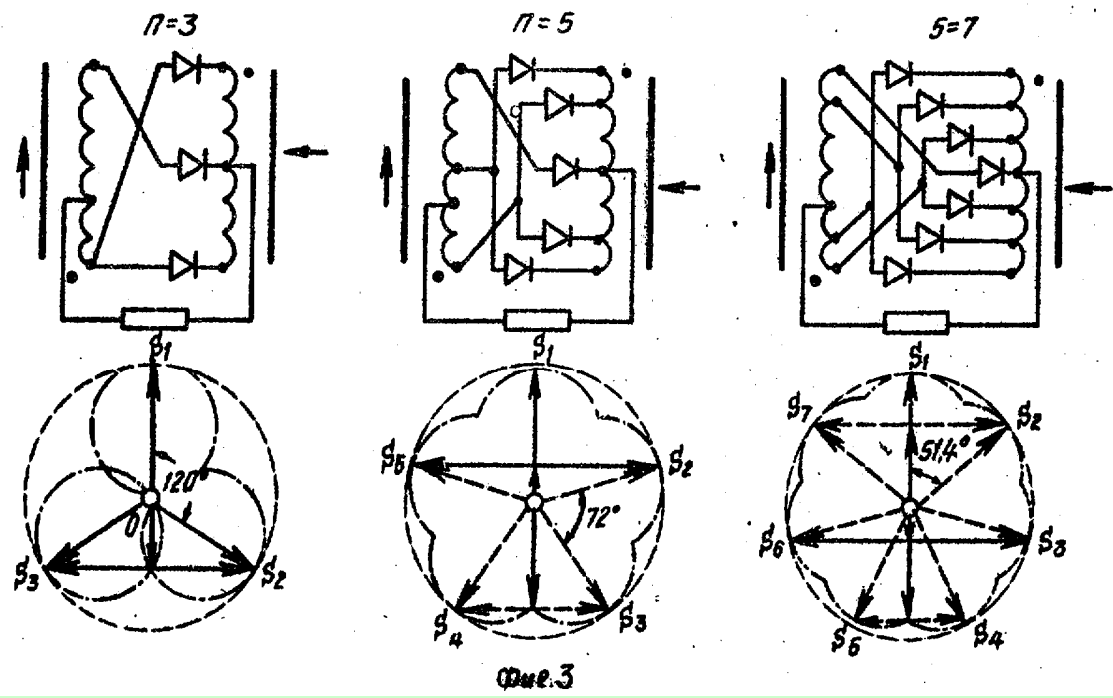
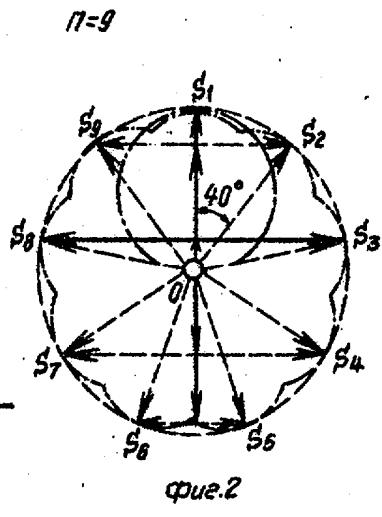
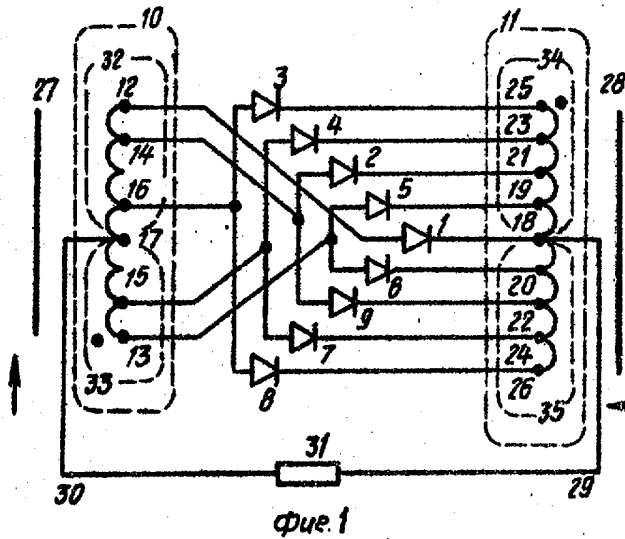
Подобным же образом формируются остальные токообразующие ЭДС  $S_{\mu}$  ( $\mu=1,8$ ), огибающая которых, представленная на фиг. 7 диаграммой, содержит восемь импульсов за период любой из ЭДС. Таким образом, кратность частоты пульсации в устройстве на фиг. 7 равна 8, а ее период составляет 45 эл.град. Это достигается выполнением  $k$ -ых отводов 83, 84 (85, 86) первой ФС ЭДС 75 и  $k^I$ -ых отводов 87, 88 (89, 90) второй ФС ЭДС 76 на топологическом расстоянии от их средних точек 77, 78 равно  $\sin 2k\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода. Аналогичным образом реализуется схема источника при  $\nu=3$ ,  $\Pi=12$  (фиг. 8). Как видно из фиг. 8, схема содержит не более двух (целых) частей преобразуемых ФС ЭДС (обмоток), а суммарное витковое число  $W_{\Sigma\alpha}$  при любых  $\Pi=4$  равно черытем.

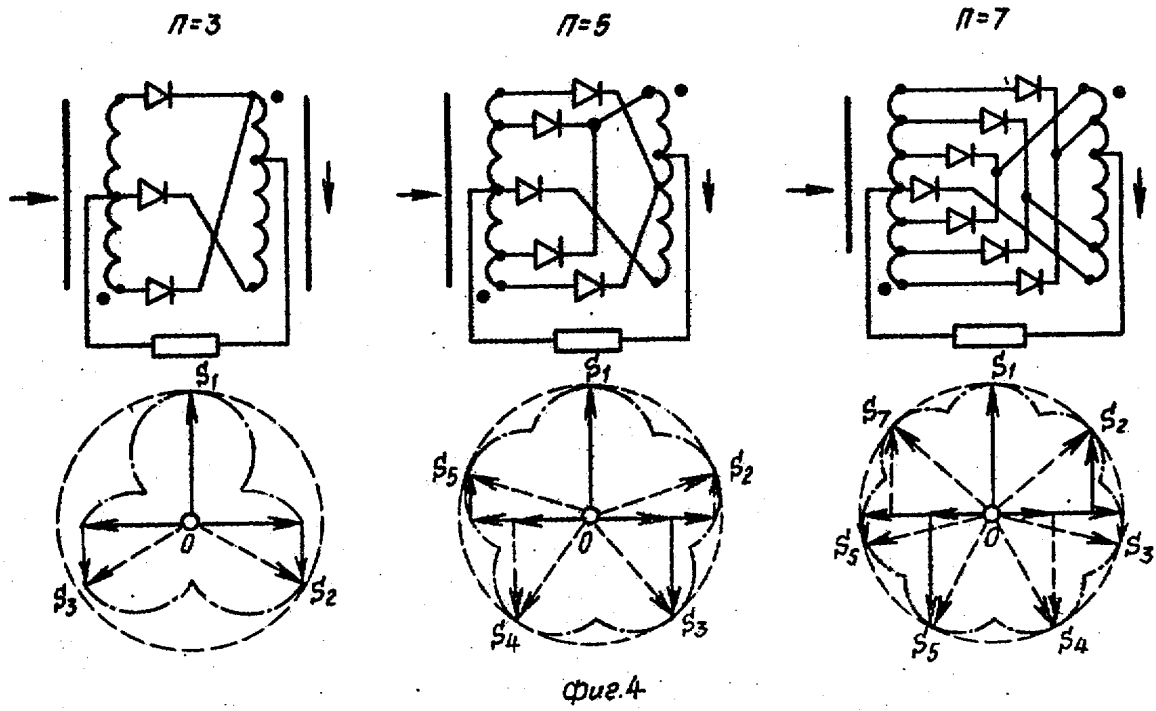
Следовательно, по отношению к прототипу, содержащему шесть (целых) частей с общим витковым числом  $W_{\Sigma\alpha}^{(12)}$ , равным 10,93, предлагаемое устройство обеспечивает экономию в числе частей в 3, а в числе витков - в 2,73 раза. С ростом  $\Pi$  выигрыш усиливается. Например, при  $\Pi=24$  соответствующие цифры равны 7 и 6,13. Этим обеспечивается упрощение устройства, снижение его массы, объема, стоимости. При другом варианте схемы устройства данной группы четных  $\Pi$  кратных 4 указанный выигрыш повышается.



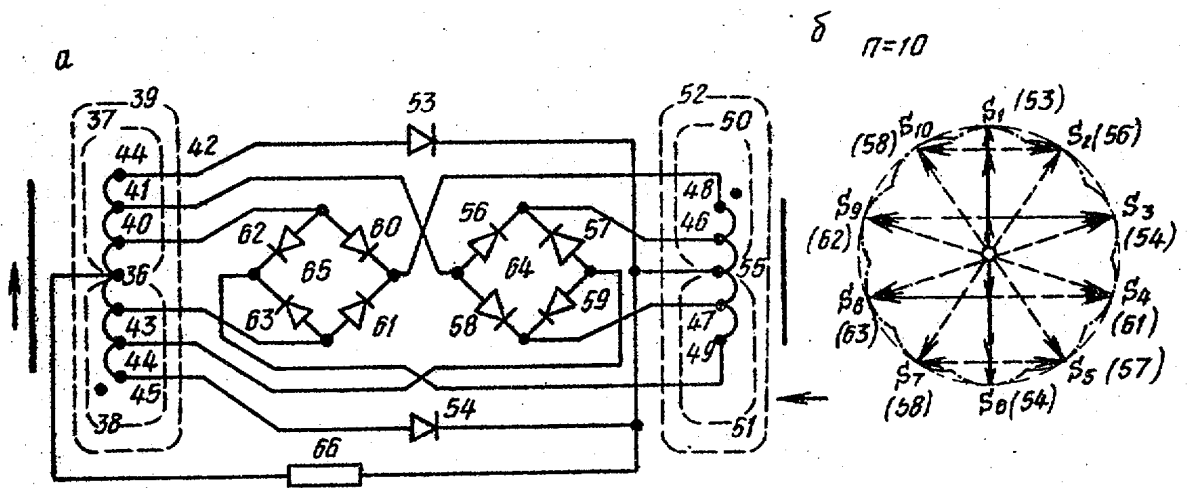
Это достигается тем, что устройство (фиг. 9) содержит два источника ортогональных ЭДС 95, 96, состоящих каждая из двух частей 97, 98; 99, 100, точки 101 и 102 соединения которых образуют средние точки. При этом каждая часть 97 и 98 выполнена с одинаковым числом отводов 103-105, 106-108, которое равно  $\psi = \pi/4 = 12/4 = 3$  и равно числу  $k'_x$  отводов 109-111, 112-114 каждой части 99 и 100 второй ФС ЭДС 96 (на фиг. 9  $k'_x = k_x = 3$ ). К каждому из попарно  $k'_x$ -ых отводов 109, 112, 110, 113, 111, 114 одноименными электродами подключены  $\pi$  вентилях, каждая четверка которых образует закрытые мосты 115-117. Эти мосты своими своими соединены с парами  $(k_x = k + 1)$  отводов 105, 108, 104, 107, 103, 106 упомянутых частей 97 и 98 первой ФС ЭДС 95, а все их вентили

имеют одинаковое направление включения относительно отводов данной ЭДС. При этом амплитудно-фазовая симметрия токообразующих ЭДС  $S_\mu$  ( $\mu = 1, \pi$ ) обеспечивается выполнением  $(k = k')$ -х отводов 103-114 на топологическом расстоянии от средних точек 101, 102, равном  $\sin(2k-1)\theta$  относительно амплитуды выходного напряжения в режиме холостого хода. В этом случае суммарное витковое число  $W_{\Sigma\alpha}$  равно  $4\cos\theta$ , также существенно меньше, чем в прототипе, и, например, при  $\pi = 12, 16, 24$  ( $\psi = 3, 4, 5$ ) составляет 3,87; 3,93; 3,97, что по отношению к прототипу соответственно в 2,83; 4,67 и 6,18 раза меньше. Это повышает КПД устройства и улучшает коэффициент использования его мощности, а также массо-габаритные и стоимостные показатели.

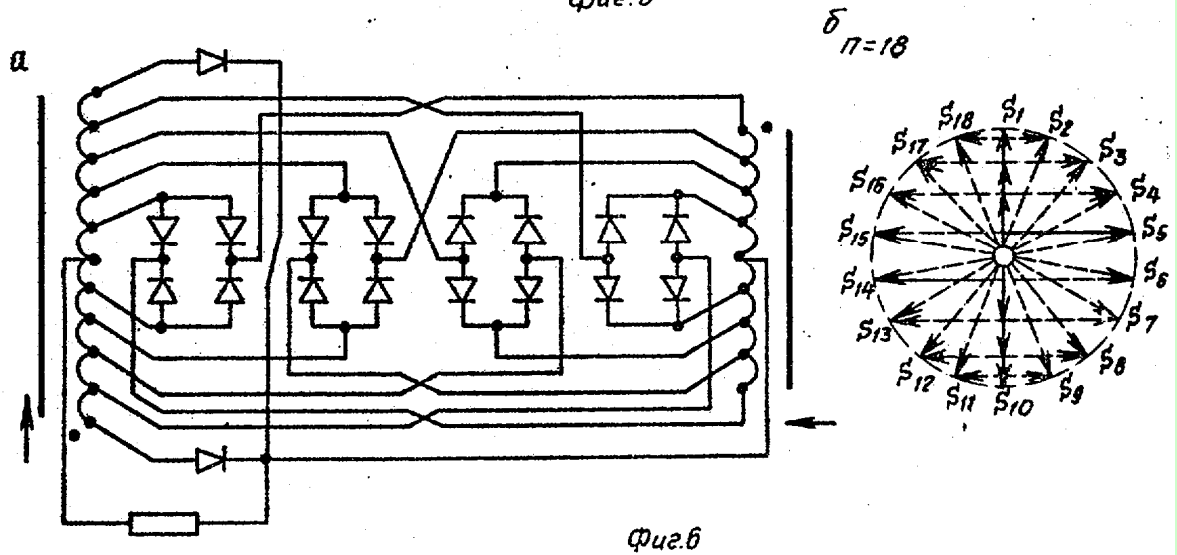




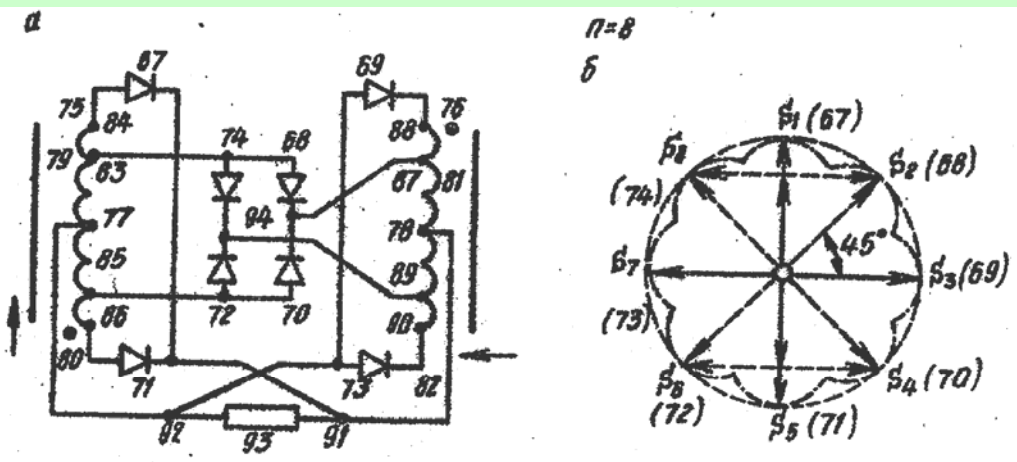
Фиг. 4



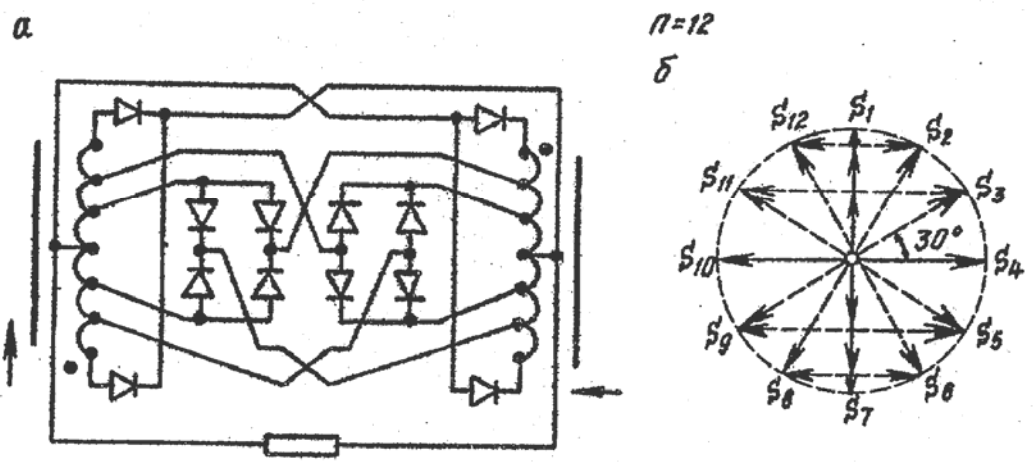
Фиг. 5



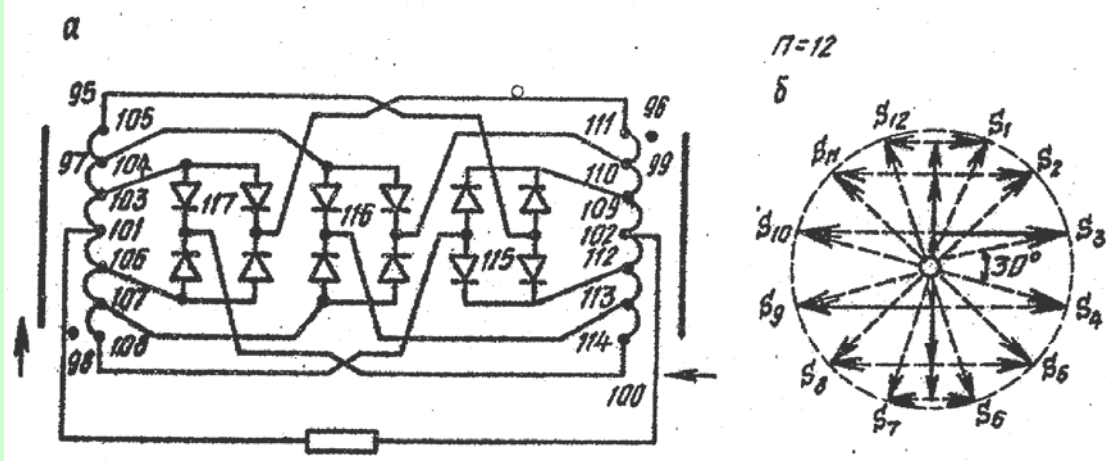
Фиг. 6



Фиг.7



Фиг.8



Фиг.9

ВНИИПИ Заказ 2264/51 Тираж 667 Подписное  
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4