

A. M. Repin. Power supply system of A. M. Repin. /  
A. M. Repin. Sistema elektropitaniya A. M. Repina. /

А. М. Репин. Система электропитания А. М. Репина (её варианты). // ГКИО СССР. АСИ СССР.  
№ SU 1072218. БИ. № 5. 7.2.1984. Заявл. 21.5.1982. № 3440709/24-07. МнКл. H02M7/12.

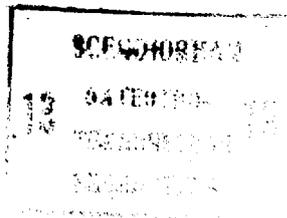
Анонс. Впервые при авторском дизайне публикуется описание данного (Именного) изобретения. Первого, которому присвоена фамилия автора. К сожалению, АСИ исчезло. Качество, ошибки в сканкопиях описания далее не исправлены. По ясным причинам.



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3440709/24-07  
(22) 21.05.82  
(46) 07.02.84. Бюл. № 5  
(72) А.М.Репин  
(53) 621.314.6(088.8)  
(56) 1. Краус Л.А. и др. Проектирование стабилизированных источников электропитания радиоэлектронной аппаратуры. М., "Энергия", 1980, с.174, рис.8.5.

2. Белопольский И.И., Репин А.М., Христианов А.С. Стабилизаторы низких и милливольтных напряжений. М., "Энергия", 1974, с.8, рис.1в-е, с.108, рис.56.

3. Авторское свидетельство СССР № 265254, кл. Н 02 М 7/12, 1966.

4. Авторское свидетельство СССР № 813625, кл. Н 02 М 7/02, 1979.

5. Авторское свидетельство СССР № 408437, кл. Н 02 М 7/12, 1971 (прототип).

(54) СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РЕПИНА А.М. (ЕЕ ВАРИАНТЫ)

(57) 1. Система электропитания, содержащая два источника фазосдвинутых ЭДС, формируемых посредством двух однофазных трансформаторов, одни выводы первичных обмоток которых образуют два входных вывода, а другие их выводы объединены и образуют через регулирующий элемент третий входной вывод, вторичные обмотки, поделенные каждая отводом на две части, к крайним выводам которых попарно однонаправленно подключены преобразовательные элементы, образующие два двухлучевых выпрямителя, при этом в первом из них общая точка соединения преобразовательных элементов образует через сглаживающий фильтр первый, а отвод от обмотки этого выпрямителя - второй выходные выводы, отличающаяся тем, что, с целью улучшения энергетических массогабаритных и стоимостных показателей, пре-

образовательные элементы в разных выпрямителях включены в противоположных направлениях, сглаживающий фильтр подключен к отводу вторичной обмотки второго выпрямителя, объединенные электроды преобразовательных элементов которого соединены с вторым выходным выводом, крайние выводы одной вторичной обмотки соединены с разноименными крайними выводами другой вторичной обмотки через дополнительные преобразовательные элементы, причем их включение выполнено одноименными с преобразовательными элементами выпрямителей электродами, а упомянутый регулирующий элемент выполнен амплитудно-линейным.

2. Система электропитания по п.1, отличающаяся тем, что вторичная обмотка второго выпрямителя гальванически разделена в точке ее отвода, индуктивный элемент фильтра выполнен в виде трех магнитно связанных или не связанных между собой индуктивностей, одни выводы которых объединены и образуют первый выходной вывод, а свободные их выводы подключены соответственно к объединенным электродам преобразовательных элементов первого выпрямителя и свободным выводам разделенных частей второй вторичной обмотки.

3. Система электропитания по пп. 1 и 2, отличающаяся тем, что каждая из четырех частей вторичных обмоток снабжена по крайней мере одним дополнительно введенным отводом, к которому подключены одноименными электродами два дополнительно введенных преобразовательных элемента, один из которых включен однонаправленно-параллельно с преобразовательным элементом данного выпрямителя, а другой является общим для данного отвода другой вторичной обмотки,

4. Система электропитания по п.3, отличающаяся тем, что

SU (11) 1072218 A

дополнительно введенные отводы выполнены равноудаленными от крайних выводов обмоток.

5. Система электропитания, содержащая два источника фазосдвинутых ЭДС, формируемых посредством двух однофазных трансформаторов, одни выводы первичных обмоток которых объединены, а свободные их выводы образуют два выходных вывода, вторичные обмотки, поделенные каждая отводом на две части, к крайним выводам которых попарно однонаправленно подключены преобразовательные элементы, образующие два двухлучевых выпрямителя, при этом в первом из них общая точка соединения преобразовательных элементов образует через сглаживающий фильтр первый, а отвод от обмотки этого выпрямителя - второй выходные выводы, отличающаяся тем, что, с целью улучшения энергетических, массогабаритных и стоимостных показателей, преобразовательные элементы в разных выпрямителях включены в противоположных направлениях, сглаживающий фильтр подключен к отводу вторичной обмотки второго выпрямителя, объединенные электроды преобразовательных элементов которого соединены с вторым выходным выводом, крайние выводы одной вторичной обмотки соединены с разноименными крайними выводами другой вторичной обмотки через дополнительно введенные преобразовательные элементы, причем их включение выполнено одноименными с преобразовательными элементами выпрямителей элект-

тромами, общая точка соединения первичных обмоток образует третий входной вывод, а преобразовательные элементы выполнены управляемыми.

6. Система электропитания по п.5, отличающаяся тем, что вторичная обмотка второго выпрямителя гальванически разделена в точке ее отвода, индуктивный элемент фильтра выполнен в виде трех магнитно связанных или не связанных между собой индуктивностей, одни выводы которых объединены и образуют первый выходной вывод, а свободные их выводы подключены соответственно к объединенным электродам преобразовательных элементов первого выпрямителя и свободным выводам упомянутых частей второй вторичной обмотки.

7. Система электропитания по пп.5 и 6, отличающаяся тем, что каждая из четырех частей вторичных обмоток снабжена по крайней мере одним дополнительно введенным отводом, к которому подключены одноименными электродами два дополнительно введенных преобразовательных элемента, один из которых включен однонаправленно-параллельно с преобразовательным элементом данного выпрямителя, а другой является общим для данного отвода и соответствующего ему отвода другой вторичной обмотки.

8. Система электропитания по п.7, отличающаяся тем, что дополнительно введенные отводы выполнены равноудаленными от крайних выводов обмоток.

1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано как средство преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока, преимущественно в качестве низковольтного вторичного источника электропитания сравнительно малой (относительно первичного источника) мощности при повышенных требованиях к его удельным массогабаритным и стоимостным показателям (МГСР) и необходимости обеспечить минимально возможным числом однофазных трансформаторов повышенную частоту пульсации выходного напряжения при пониженном уровне ее.

Известны системы электропитания, содержащие шесть преобразовательных элементов (вентилей) и трансформаторов, вторичные обмотки которых соединены в 6-лучевую звезду в двойной или совмещенный зигзаг и совместно

2

с вентилями образующие три двухлучевых выпрямителя, соединенных по цепи постоянного тока параллельно [1-3].

5 Устройства обеспечивают относительно низкий уровень пульсации и сравнительно высокую, равную шести, кратность  $\Pi$  ее частоты по отношению к частоте преобразуемых ЭДС, что 10 улучшает МГСР сглаживающих фильтров и работу средств управления (стабилизации).

Однако при реализации систем на 15 однофазных трансформаторах не обеспечивается минимально возможное их число, а использование габаритной (вольт-амперной) мощности трансформаторного оборудования, влияющей на его МГСР, оказывается недостаточно высоким.

20 Известна система электропитания, содержащая шесть вентиляей и два од-

нофазных трансформатора со сдвигом фаз ЭДС на вторичных обмотках на 90 эл.град. При этом каждый трансформатор содержит по две вторичные обмотки со средними точками, отводы от которых попарно объединены между собой, а два объединенных разноименных вывода обмоток первого трансформатора - непосредственно и шесть остальных выводов обмоток первого и второго трансформаторов через включенные однонаправленно вентили образуют выходы устройства, причем, как и в указанных выше шестифазных схемах, имеющиеся в устройстве три двухлучевых выпрямителя соединены по цепи постоянного тока параллельно [4].

Недостаток устройства - большое число и сравнительная сложность соединения обмоток и их отдельных частей, как следствие, относительно плохие показатели по массе, объему, стоимости.

При этом управление (регулирование или стабилизация) выходных параметров может быть осуществлено в рассмотренных выше устройствах посредством имеющихся в них шести преобразовательных элементов (ПЭ) либо дополнительно вводимых регуляторов (стабилизаторов), включаемых в цепь переменного или/и постоянного тока, что усложняет схему и конструкцию, использование фазо-импульсного способа управления приводит при увеличении угла управления к резкому нарастанию уровня пульсации, требуя усложнения и ухудшения МГСП сглаживающих фильтров.

Наиболее близкой к предлагаемой является система электропитания, содержащая регулирующий элемент (РЭ) в цепи переменного тока, выполненный в виде двух встречно-параллельно включенных тиристоров, два однофазных трансформатора, два двухлучевых выпрямителя, подключенных к их вторичным обмоткам, сглаживающий фильтр на выходе и устройство управления [5].

Недостатки прототипа - неудовлетворительный гармонический состав входного тока и напряжения, фазовая асимметрия напряжений двухлучевых выпрямителей, высокий (особенно в управляемом режиме) уровень пульсации выходного напряжения, низкая, (равная двум) кратность П ее частоты, как следствие, плохие МГСП сглаживающего фильтра, всей системы преобразования энергии.

Кроме того, регулирование (стабилизация) выходных параметров осуществляется фазо-импульсным способом по цепи переменного тока, что приводит к задержке (броску) питающих напряжений по всему размаху их мгновенных значений (в частности от нуля до максимума), как следствие, к скачкообразной, сильно искаженной форме трансформ

мируемых напряжений. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению электромагнитного состояния силовых трансформаторов, предназначенных, в силу магнитной инерционности, для работы с плавными ЭДС, появлению различных негативных переходных процессов (пиковых выбросов, перенапряжений, индустриальных и прочих помех), ухудшению МГСП и надежности.

Вместе с тем известная схема обладает сравнительно низкими динамическими свойствами, обусловленными наличием инерционных элементов (трансформаторов, фильтровых дросселей) в контуре авторегулирования, что также снижает ее надежность и ухудшает качество процесса преобразования.

Цель изобретения - улучшение энергетических, массогабаритных и стоимостных показателей путем снижения уровня пульсации, улучшения качества преобразования энергии, уменьшения потерь мощности в преобразовательных элементах, а также повышения кратности частоты пульсации, улучшения динамических свойств.

Указанная цель достигается тем, что в системе электропитания по первому варианту, содержащей два источника фазосдвинутых ЭДС, формируемых посредством двух однофазных трансформаторов, одни объединенные выводы первичных обмоток которых образуют через регулирующий элемент один входной выход, а свободные выводы первичных обмоток образуют два других входных вывода, вторичные обмотки, поделенные каждая отводом на две части, к крайним выводам которых попарно однонаправленно подключены преобразовательные элементы, образующие два двухлучевых выпрямителя, при этом в первом из них общая точка соединения преобразовательных элементов образует через сглаживающий фильтр первый, а отвод от обмотки этого выпрямителя - второй выходные выводы, преобразовательные элементы в разных выпрямителях включены в противоположных направлениях, сглаживающий фильтр подключен к отводу вторичной обмотки второго выпрямителя, объединенные электроды преобразовательных элементов которого соединены с вторым выходным выводом, крайние выводы одной вторичной обмотки соединены с разноименными крайними выводами другой вторичной обмотки через дополнительно введенные преобразовательные элементы, причем их включение выполнено одноименными с преобразовательными элементами выпрямителей электродами, а упомянутый регулирующий элемент выполнен амплитудно-линейным.

Кроме того, с целью снижения амплитудных значений токов ПЭ и ис-

точников ЭДС вторичная обмотка второго выпрямителя гальванически разделена в точке ее отвода, индуктивный элемент фильтра выполнен в виде трех магнитно связанных или не связанных между собой индуктивностей, одни выводы которых объединены и образуют первый выходной вывод, а свободные их выводы подключены соответственно к объединенным электродам ПЭ первого выпрямителя и свободным выводам разделенных частей второй вторичной обмотки.

Каждая из четырех частей вторичных обмоток снабжена по крайней мере одним дополнительно введенным отводом, к которому подключены одноименными электродами два дополнительно введенных ПЭ, один из которых включен однонаправленно-параллельно с ПЭ данного выпрямителя, а другой является общим для данного отвода и соответствующего ему отвода другой вторичной обмотки.

Дополнительно введенные отводы выполнены равноудаленными от крайних выводов обмоток.

По второму варианту в системе электропитания, содержащей два источника фазосдвинутых ЭДС формируемых посредством двух однофазных трансформаторов, одни выводы первичных обмоток которых объединены, а свободные их выводы образуют два входных вывода, вторичные обмотки, поделенные каждая отводом на две части, к крайним выводам которых попарно однонаправленно подключены преобразовательные элементы, образующие два двухлучевых выпрямителя, при этом, в первом из них общая точка соединения преобразовательных элементов образует через сглаживающий фильтр первый, а отвод от обмотки этого выпрямителя - второй выходные выводы, преобразовательные элементы в разных направлениях, сглаживающий фильтр подключен к отводу вторичной обмотки второго выпрямителя, объединенные электроды преобразовательных элементов которого соединены с вторым выходным выводом, крайние выводы одной вторичной обмотки соединены с разноименными крайними выводами другой вторичной обмотки через дополнительно введенные преобразовательные элементы, причем их включение выполнено одноименными с преобразовательными элементами выпрямителей электродами, общая точка соединения первичных обмоток образует третий входной вывод, а преобразовательные элементы выполнены управляемыми.

Вторичная обмотка второго выпрямителя гальванически разделена в точке ее отвода, индуктивный элемент фильтра выполнен в виде трех магнитно связанных или не связанных между

собой индуктивностей, одни выводы которых объединены и образуют первый выходной вывод, а свободные их выводы подключены соответственно к объединенным электродам ПЭ первого выпрямителя и свободным выводам упомянутых разделенных частей второй вторичной обмотки.

Каждая из четырех частей вторичных обмоток снабжена по крайней мере одним дополнительно введенным отводом к которому подключены одноименными электродами два дополнительно введенных ПЭ данного выпрямителя, а другой является общим для данного отвода и соответствующего ему отвода другой вторичной обмотки.

При этом дополнительно введенные отводы выполнены равноудаленными от крайних выводов обмоток.

На фиг.1 приведена принципиальная электрическая схема устройства по первому варианту; на фиг.2 и 3 - векторная (в фазовой плоскости) и линейная (во временной плоскости) диаграммы токообразующих ЭДС  $S_{\mu}$  ( $\mu=1,6$ ), поясняющие принцип формирования выходного напряжения  $U_0$ ; на фиг.4 и 5 - то же, по второму варианту; на фиг.6 и 7 - схемы по фиг.1 и 4 с тремя индуктивностями фильтра; на фиг.8 и 9 - схема с дополнительными ПЭ и отводами от обмоток, а также соответствующие ей линейные диаграммы выходного напряжения при одно- и двухпозиционно управляемых ПЭ.

Система электропитания по первому варианту (фиг.1) содержит шесть ПЭ (вентилей) 1-6, два однофазных трансформатора 7 и 8, ЭДС вторичных обмоток 9 и 10 которых сдвинуты по фазе на 120 эл.град. Каждая из них содержит по две равные части  $a_1, a_2, b_1, b_2$ , которые с подключенными к ним попарно однонаправленно вентилями 1 и 4, 3 и 6 образуют два двухлучевых выпрямителя, причем ПЭ 1 и 4 в одном из них имеют противоположное направление включения относительно ПЭ 3 и 6 другого выпрямителя. Разноименные крайние выводы вторичных обмоток 9 и 10 соединены между собой через ПЭ 2 и 5, а объединенные электроды вентиля 1,4 и 3,6 соединены с отводами (средними точками) 01 и 02 этих обмоток и образуют через сглаживающий фильтр 11 выходные выводы 12 и 13, к которым подключена нагрузка 14, а также система 15 управления. Возможно подключение также дополнительного узла 16 быстродействующей защиты и стабилизации, например, параллельного типа. Компоненты 11, 14-16 образуют общую нагрузку 17.

При этом первичные обмотки 18 и 19 одними разноименными выводами непосредственно, а другими объединенными между собой выводами через регуля-

рующийся элемент 20 амплитудно-линейного типа образуют входные выводы для подключения первичного источника АВС трехфазного переменного тока. При этом управление регулирующим элементом 20 осуществляется сигналом системы 15 управления.

Устройство по первому варианту (фиг.1) работает следующим образом.

Так как упомянутые два двухлучевых выпрямителя соединены между собой параллельно, они обеспечивают для протекания тока нагрузки четыре циклически сменяющихся во времени замкнутых контура с соответствующим им составом элементов при обязательном наличии в них одной из четырех токообразующих ЭДС  $S_1, S_3, S_4, S_6$ , векторно показанных в фазовой плоскости на фиг.2. Они соответствуют четырем фазосдвинутым ЭДС, образованным частями  $a_1, a_2, b_1, b_2$  вторичных обмоток 9 и 10. При этом ток нагрузки проводят попеременно соответствующие им вентили 1,3,4 и 6, позиционные номера которых указаны на фиг.2 в скобках.

Дополнительно введенные вентили 2 и 5 обеспечивают еще два циклически переключающихся контура токопротока и, следовательно, формирование на общей нагрузке 17 еще двух ( $S_2$  и  $S_5$ ), а в целом шести сдвинутых по фазе ЭДС  $S_\mu$  ( $\mu=1,6$ ) за один период изменения одной из них (фиг.2 и 3)

Две ЭДС  $S_2$  и  $S_5$  образуются путем геометрического (векторного) сложения ЭДС тех же частей  $a_1, b_2$ , и  $a_2, b_1$  вторичных обмоток 9 и 10, которые формируют и предыдущие токообразующие ЭДС.

Таким образом использование мощности обмоток увеличено. Габаритная мощность трансформаторов оказывается при этом больше, чем у прототипа, приводя к увеличению расчетных значений их массы и объема на 3,6%. Вместе с тем при равенстве амплитуд ЭДС этих частей обмоток (их чисел витков) и фазовом их сдвиге в 120 эл. град. относительно друг друга токообразующие ЭДС  $S_\mu$  равны по модулю и сдвинуты по фазе на 60 эл. град. Следовательно, выходное напряжение  $U_0$ , которое представляет собой огибающую этих ЭДС, содержит наряду с постоянной  $V_0$  переменную  $U_p$ , составляющую (пульсацию), частота  $f_n$  которой в 6 раз больше частоты  $f_e$  преобразуемых ЭДС (фиг.2 и 3).

По сравнению с прототипом частотная кратность  $\Pi$  в предлагаемом устройстве при их работе в неуправляемом режиме увеличена в 3 раза, а ее уровень снижен в 4 раза, чем обеспечивается существенное улучшение качества преобразования энергии, причем число трансформаторов, число их обмоток и их частей, а также число

витков последних не изменяется. Поэтому масса, объем и стоимость сглаживающего фильтра существенно снижены в предлагаемом устройстве и, следовательно, улучшены МГСП системы в целом. В частности, при использовании Г-образных LC-фильтров выигрыш  $\Delta_{LC}$  в производстве значений LC, симбатно связанных с массой и объемом фильтра, увеличивается в 20 раз.

Положительные свойства достигаются в системе не только при ее работе в неуправляемом режиме, но также в режиме управления (стабилизации).

Эффект обеспечивается введением амплитудно-линейного регулирующего элемента 20 вместо фазо-импульсного в прототипе. В результате устраняются, в частности скачкообразные изменения напряжений на обмотках трансформаторов, вентилях, фильтре и нагрузке и, как следствие, обеспечивается более благоприятное электромагнитное их состояние и ресурсоемкость, существенно снижается вредное влияние различных нежелательных переходных процессов, в частности выбросов напряжений и токов, индустриальных и прочих помех, а также упрощается ряд вспомогательных функциональных устройств (сетевых фильтров, схем защиты от перенапряжений, фильтров помех, экранов и пр.).

Кроме того, коэффициент пульсации выходного напряжения в устройстве остается практически неизменным (при небольших пределах стабилизации).

Схемная реализация системы по второму варианту (фиг.4) содержит те же основные компоненты, что и в первом варианте, но отличается тем, что преобразовательные элементы 1-6 выполнены управляемыми, а объединенные выводы первичных обмоток 18 и 19 образуют непосредственно входной вывод.

При этом в качестве управляемых ПЭ (УПЭ) могут быть установлены любые электронные, полупроводниковые или механические приборы ключевого типа, как одно- так и двухпозиционные, в том числе различного типа тиристоры, транзисторы (например полевые, биполярные и пр.), либо соединенные последовательно с неуправляемым ПЭ (диодом) магнитные усилители, дроссели насыщения, герсиконы, ферриды и пр.

Система по второму варианту работает аналогично первому варианту, но в зависимости от знаков управления однопозиционных (фиг.5а-в) или двухпозиционных (фиг.5г-е) УПЭ, обеспечивается различная форма выходного напряжения  $U_0$  с соответствующим уровнем  $\Delta U_0$  его пульсации, а также гармоническим спектром.

При этом по сравнению с первым вариантом и прототипом, второму варианту присуще более высокое быстродействие управления выходными параметрами вследствие отсутствия в контуре авторегулирования таких сравнительно инерционных элементов, как трансформаторы 7 и 8, причем осуществляется фазо-широотно-импульсное управление шестью элементами.

Уровень пульсации в предлагаемом устройстве (фиг.4) меньше, чем в прототипе, при одновременном сохранении общего числа преобразовательных элементов, трансформаторов, обмоток и их витков. Следовательно, МГСП фильтров и других устройств также лучше. В то же время на фильтр 11 не накладываются какие-либо ограничения, он может быть выполнен любым: пассивным или активным, однозвенным (Г, П-образным и пр.) или многозвенным.

Если индуктивный элемент фильтра 11 в его первой продольной ветви выполнить в виде трех магнитно-связанных или не связанных между собой индуктивностей 21-23 и одни их выводы объединить, а другие подключить соответственно к объединенным электродам ПЭ 1 и 4 и выводам 03 и 04 гальванически разделенных частей в1 и в2 вторичной обмотки 10 (фиг.6 и 7), то можно уменьшить амплитуды токов ПЭ 1-6 указанных обмоток в 3 раза, что позволяет установить в схему элементы (фильтровые дроссели, вентили и пр.) с меньшими допустимыми значениями токов. При этом число индуктивностей и падения переменного напряжения на них, а также амплитуда  $S_{\alpha}$  фазосдвинутых ЭДС (число витков вторичных обмоток) увеличиваются при том же  $V_0$ .

Можно достичь дальнейшего улучшения качества преобразования энергии во втором варианте, в частности уменьшить уровень пульсации, если каждую из четырех частей а1, а2, в1 и в2, вторичных обмоток 9 и 10 снабдить по крайней мере одним дополнительным отводом 24(25-27) и подключить к нему одноименными электродами два дополнительно введенных ПЭ 28 и 29(30-33), один из которых 28(30,32,33) включить однонаправленно-параллельно с упомянутым ПЭ 4 (1,3,6) данной обмотки 9(10), а другой ПЭ 29(30,31) выполнить общим для данного отвода 24(25-27) и соответствующего ему отвода 27(24-26) другой вторичной обмотки 10(9) (фиг.8).

На фиг.8 для иллюстрации возможностей системы и гибкости ее схемного изображения все ПЭ включены в обратном направлении по сравнению с предыдущими схемами, а их соединение изображено в виде упомянутых вентиляльных шестиугольников (колец) 34 и

35. Причем позиционная нумерация ПЭ 1-6 сохранена в порядке их последовательно циклического переключения. Сущность работы от этого не изменяется, что наглядно видно из линейных диаграмм напряжения  $U_0$  на фиг.9.

Форма напряжения  $U_0$  (фиг.9а) при наличии однопозиционных УПЭ образуется из двух кривых: Одна из них огибающая ЭДС  $S_{\mu}$ , формируемая кольцом 34, другая - огибающая ЭДС  $S_{\mu}'$ , снимаемая с отводов 24-27 через вентиляльный шестиугольник 35. При значениях угла управления  $\alpha_0$  в диапазоне

$$\alpha_{0н} \leq \alpha_0 \leq \pi/3,$$

$$\text{где } \alpha_{0н} = \arctg \left[ \sqrt{\frac{1-K_{отв}}{1+K_{отв}}} \right];$$

$$K_{отв} = \frac{S_{\alpha}}{S_{\alpha}'}$$

абсолютное значение пульсации  $\Delta U_0$  остается в процессе управления неизменным. Оно не превышает максимально возможного при этом значения  $\Delta U_{0max}$  собственного режима холостого хода

$$\Delta \bar{U}_0 = \Delta U_0 / \sqrt{5} \leq \Delta \bar{U}_{0хх} = \Delta U_{0max} / \sqrt{5} = 1 - \cos(30^\circ + \alpha_{0н}).$$

При  $\alpha_0 > \pi/3$  (фиг.9а) значение  $\Delta U_0$  уменьшается. В прототипе с увеличением угла управления значение  $\Delta U_0$  резко нарастает, составляя при  $\alpha_0 > \pi/3$  больше 100%. В системе по фиг.8 даже  $\Delta \bar{U}_{0max}$  составляет значительно меньшее значение. Например, при  $K_{отв} = 0,8$  ( $\alpha_{0н} \approx 11^\circ$ ) значение  $\Delta \bar{U}_0 < 25\%$ .

При оценке коэффициента пульсаций относительно  $V_0$  выигрыш еще более существенен.

При введении двухпозиционных УПЭ принцип работы системы с дискретными уровнями в целом сохраняется, но уровень пульсации и спектр выходного напряжения, а также входного тока (коэффициент искажения, мощности и пр.) могут быть еще более улучшены (фиг.9б-д).

В схеме по фиг.8 ток  $I_0$  по сравнению с прототипом снижен примерно в 3 раза вследствие дополнительного перераспределения тока нагрузкой через введенные ПЭ 28-33. Следовательно, каждый из ПЭ 1-6, 28-33 может быть установлен значительно меньшей мощности, массы, объема, стоимости.

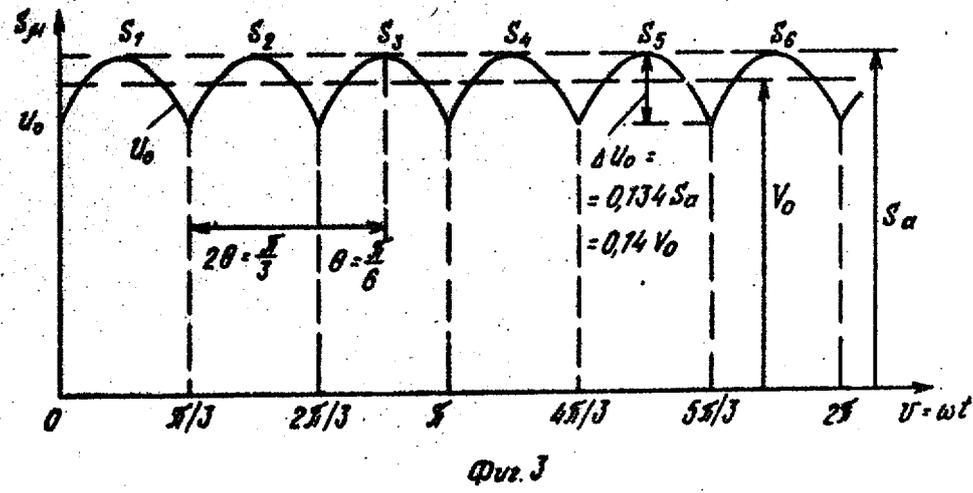
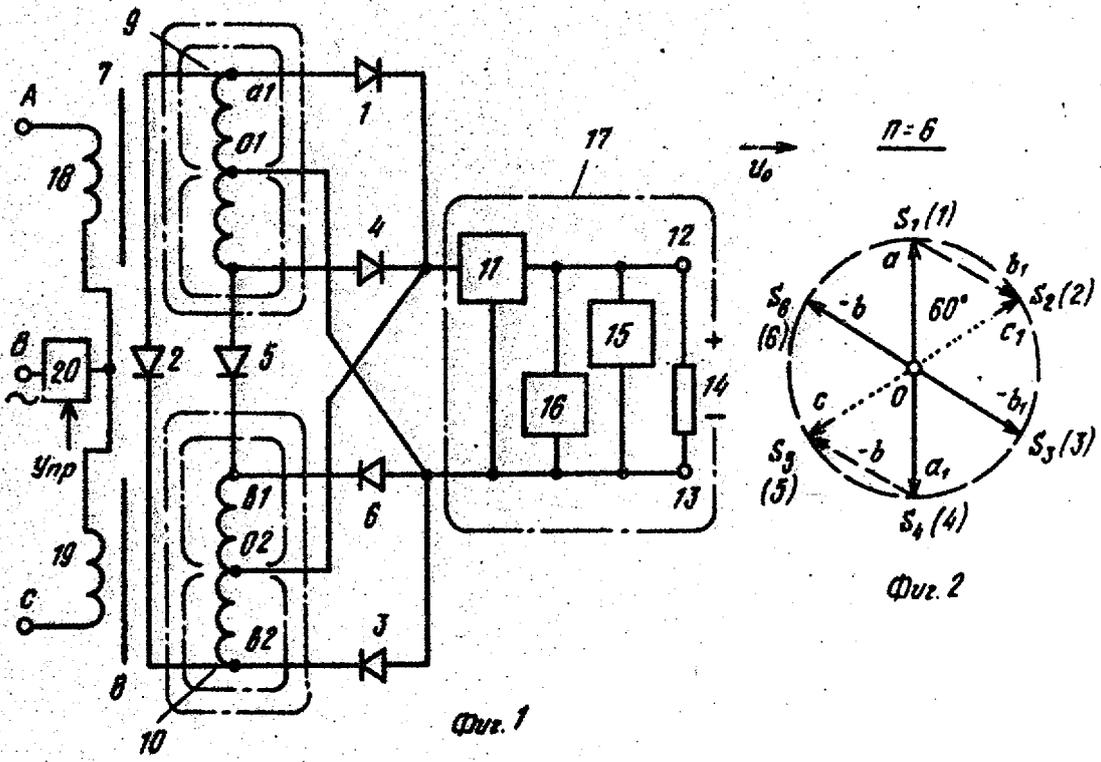
Введение числа отводов больше одного и соответствующего числа ПЭ, управляемых по сколь угодно сложному закону, практически не влияет на общую массу и объем за счет усложнения системы 15 управления, поскольку ее реализация возможна в микросхемном исполнении, в частности на микропроцессоре.

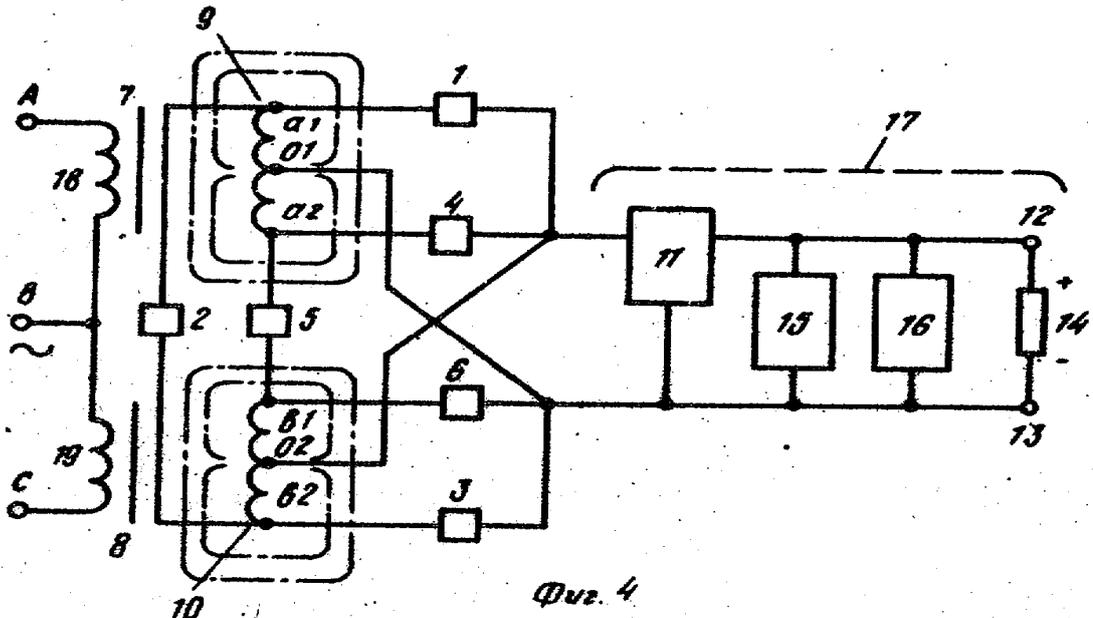
Установка дополнительного узла параллельной стабилизации в любой из возможных реализаций системы улучшает ее быстродействие, одновременно обеспечивая непрерывное поступление

энергии в нагрузку. По сравнению с импульсным РЭ последовательного типа (ПРЭ), создающим значительные пульсации и требующим для их компенсации громоздких фильтров, качество процесса стабилизации и МГСП фильтров при параллельном РЭ значительно лучше при одновременно более

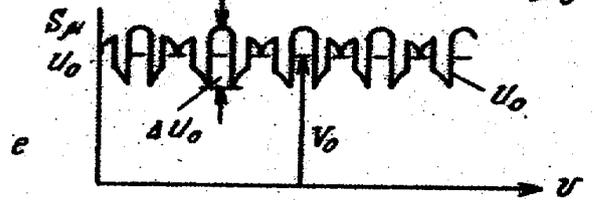
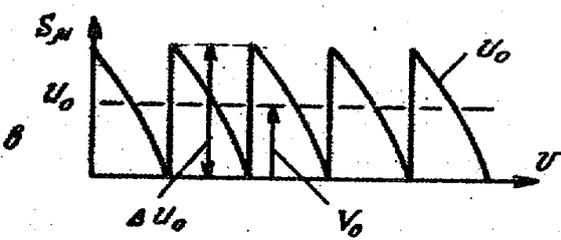
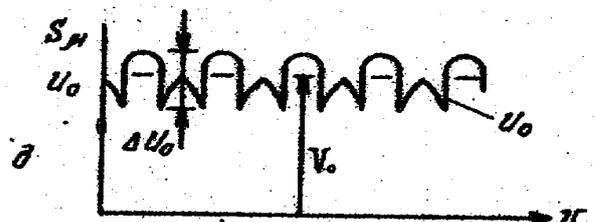
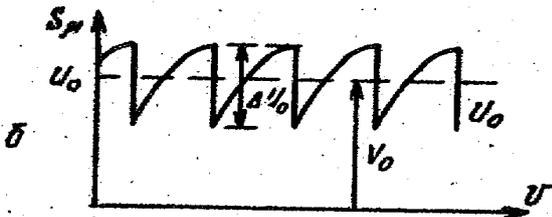
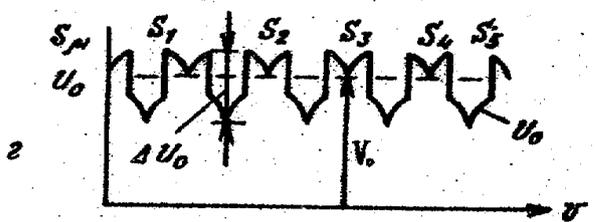
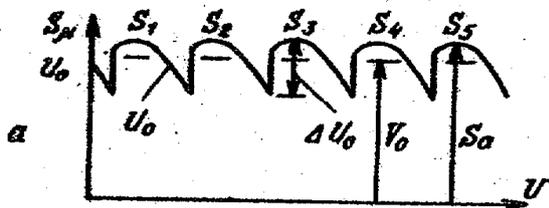
лучшем КПД по сравнению с линейным ПРЭ, потребляющим значительную мощность. При этом во всех реализациях системы вынужденного подмагничивания не возникает, в отличие, например, от аналогичной по пульсациям шестилучевой схемы (с первичными обмотками, соединенными по схеме звезды), в которой компенсация этого явления требует дополнительного увеличения массы и объема трансформатора примерно на 15%.

Так как при регулировании уровень скачков напряжения на входе фильтра 11 в схемах по фиг.1,6 и 8 уменьшен в несколько раз по сравнению с прототипом, то потери в ПЭ и других элементах за счет переходных процессов, особенно при сравнительно высокой частоте переключения УПЭ, существенно снижены, а КПД системы повышен. По сравнению с известными решениями, содержащими последовательные РЭ, установка значительно менее мощных регуляторов, включенных непосредственно в каналы преобразования ЭДС (фиг.4.7.8) и совмещение в них функций преобразования и регулирования обеспечивает дополнительное улучшение элементной энергетике и МГСП системы в целом.

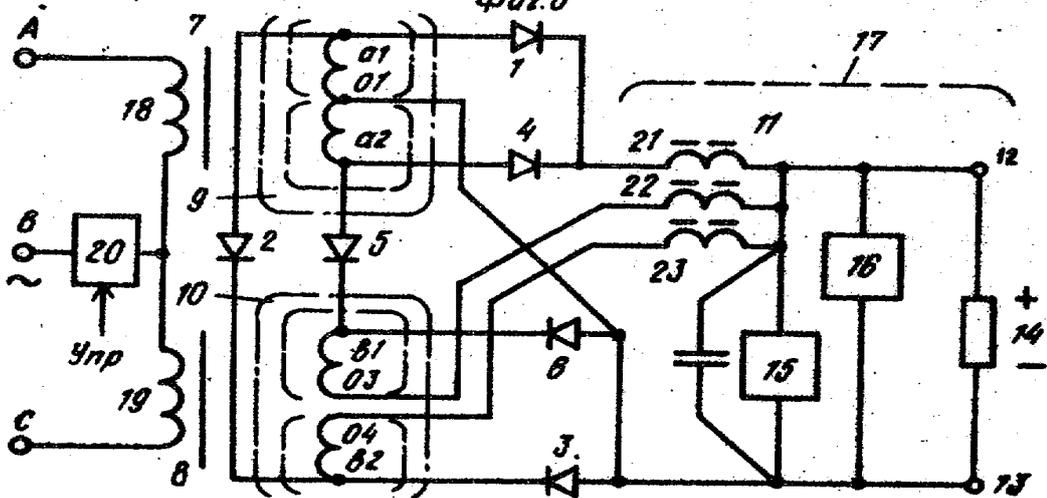




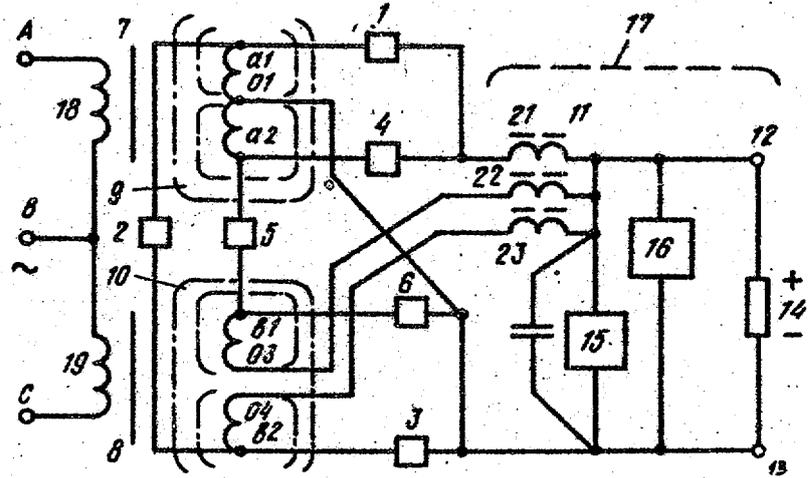
Фиг. 4



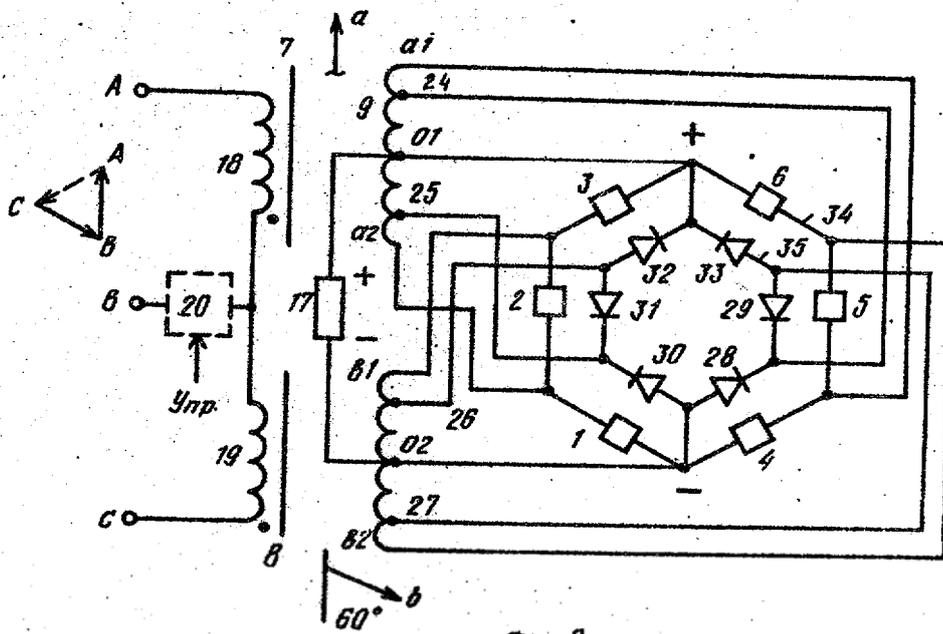
Фиг. 5



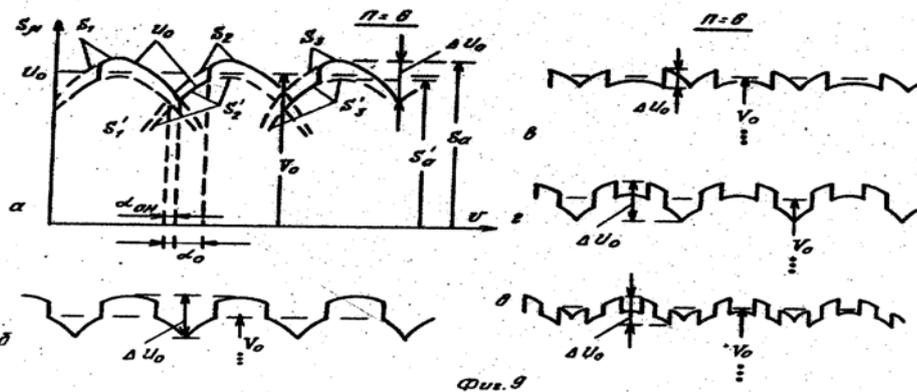
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

Составитель Е. Мельникова.  
 Редактор М. Янович Техред Т. Фанта Корректор О. Вилак  
 Заказ 142/50 Тираж 667 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