

A. M. Repin. Multi-path power supply. / А. М. Репин. Многолучевой источник электропитания. // Гос.Ком.Изобр.Откр. (ГКИО СССР). Авт.Свид.Из. (АСИ СССР). № SU 1095332. БИ. № 20. 30.5.1984. Заявл. 2.8.1982. № 3476054/24-07. МПКласс H02M7/12.

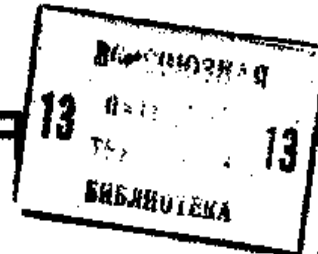
Анонс. Впервые в авторском дизайне публикуется описание данного изобретения. К сожалению, АСИ исчезло. И потому здесь нет. Качество, ошибки в сканиях описания не исправлены. По ясным причинам.



3 (5D) Н 02 М 7/12

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ССРС
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3476054/24-07
 (22) 02.08.82
 (46) 30.05.84. Вкл. № 20
 (72) А.М. Ретин.
 (53) 621.314.6(088.8)
 (56) 1. Размадзе Ш.М. Преобразовательные схемы и системы. М., "Высшая школа", 1967, с. 52, 62, 180, 211, 269, 302.
 2. Патент США № 3210635, кл. 321-5, 1965.
 3. Патент ФРГ № 1018141, кл. 21 d² 1202, 1956.
 4. Патент ФРГ № 1214774, кл. 21 d² 1202, 1968.
 5. Патент ФРГ № 1150751, кл. 21 d² 1202, 1971.

(54)(57) 1. МНОГОЛУЧЕВОЙ СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ, содержащий параллельно однополярно соединенные элементарные преобразовательно-дрессельные структуры (ЭПДС), каждая из которых состоит из дресселя и последовательно соединенного с ним элементарного преобразователя, представляющего собой параллельно однополярно соединенные лучевые ячейки преобразования из последовательно однонаправленно включенных в каждую из них основных источника фазосдвинутой ЭДС и преобразовательного элемента, и устройство управления, входы которого и объединенные выходы всех ЭПДС образуют выходные выводы, отличающийся тем, что, с целью расширения областей применения и повышения надежности путем увеличения схемно-структурных возможностей и введения структурной избы-

точности, каждая из m лучевых ячеек преобразования снабжена дополнительным источником фазосдвинутой ЭДС, включенным одним своим выводом синфазно с основным источником фазосдвинутой ЭДС, а другим своим выводом через дополнительно введенный управляемый преобразовательный элемент - с однополярным ему выводом данной ячейки преобразования, совместно с которой дополнительные источники фазосдвинутой ЭДС и управляемый преобразовательный элемент образуют i -ю управляемую ячейку, все m образованных таким образом управляемых ячеек распределены по i_x элементарным преобразователям с γ_{x_i} управляемыми ячейками в каждом i -м из них, которые совместно с подключенным к ним дросселем образуют управляемую ЭПДС, параллельно каждой i -й из них дополнительно подключены k_i -е управляемые ЭПДС, совпадающие по структуре построения и фазности ЭДС с основной управляемой ЭПДС и совместно с последней образующие i -ю просекционированную управляемую ЭПДС, к объединенным выводам всех i_x образованных таким способом просекционированных управляемых ЭПДС дополнительно подключен сглаживающий фильтр, а выходы указанного устройства управления соединены с управляемыми входами введенных управляемых преобразовательных элементов так, что число основных управляемых ячеек составляет $m = \sum_{i=1}^n \gamma_{x_i} \geq 2$, а общее число управляемых ячеек равно $m_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \gamma_{x_i} \geq m$, где для i -й управляемой просекционированной ЭПДС:

09 **SU** (11) 1095332 **A**

$\mathcal{J}_{\Sigma i} = \mathcal{J}_{\chi i} k_{\chi i} = \mathcal{J}_{\chi i} \mathcal{J}_{\Sigma i}^-$ - общее число управляемых ячеек;

$\mathcal{J}_{\Sigma i}^- = \mathcal{J}_{\chi i} k_{\chi i}^-$ - число управляемых ячеек в $k_{\chi i}^- = k_{\chi i} - 1$ дополнительных секциях;

$k_{\chi i} = 1, 2, \dots$ - общее число секций;

$\mathcal{J}_{\chi i} = 2, 3, \dots \leq m$ - число управляемых ячеек в основной управляемой ЭПДС;

$\mathcal{J}_{i_1} = \overline{\mathcal{J}_{\chi i}}; k_i = \overline{k_{\chi i}}$ - текущие номера управляемых ячеек и секций соответственно;

$i = \overline{1, i_{\chi}}; i_{\chi} = 1, 2, \dots \leq m/\mathcal{J}_{\chi \min}$

где $\mathcal{J}_{\chi \min}$ - наименьшее из всех $\mathcal{J}_{\chi i}$ число управляемых ячеек.

2. Источник по п. 1, отличающийся тем, что управляемые преобразовательные элементы выполнены в виде параллельного соединения $P_{\chi \mathcal{J}_i}$ цепей из последовательно соединенных неуправляемого преобразовательного элемента и одной из рабочих обмоток дополнительно введенного магнитного усилителя, причем обмотки управления всех $m_{\Sigma}/2$ введенных магнитных усилителей соединены между собой последовательно, а два свободных вывода обмоток управления первого и последнего магнитных усилителей образуют упомянутые управляемые входы управляемых преобразовательных элементов.

3. Источник по пп. 1 и 2, отличающийся с тем, что в качестве преобразовательных элементов установлены бескорпусные вентили, подверженные, как и источники фазосдвинутых ЭДС и дроссели, принудительному обдуву посредством локально установленных электромикровентиляторов.

4. Источник по пп. 1-3, отличающийся с тем, что фазосдвинутые ЭДС i -й управляемой ЭПДС сдвинуты по фазе на $360/\mathcal{J}_{\chi i}$ эл. град. относительно друг друга, а фазосдвинутые ЭДС данной управляемой ЭДС данной управляемой ЭПДС сдвинуты по фазе на $360/m$ эл. град. по отношению к фазосдвинутым ЭДС смежной управляемой ЭПДС.

5. Источник по пп. 1-4, отличающийся с тем, что источники фазосдвинутых ЭДС выполнены на автономных магнитных системах.

6. Источник по п. 5, отличающийся с тем, что источники фазосдвинутых ЭДС выполнены в виде однофазных трансформаторов с просекционированными вентильными обмотками со средними точками и сетевыми обмотками, соединенными в неполные треугольники с изменяющимся (при $m > 12$) коэффициентом неполноты.

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в качестве вторичного источника электропитания, преимущественно для низковольтных силовоточных устройств, требующих для своего питания единицы вольт, единицы-десятки ампер и выше, а также в качестве источника для питания устройств и аппаратуры цифровой техники микросхемного исполнения. Известны 6-, 12-, 18- и 24-лучевые источники постоянного напряжения, в которых общее число m лучевых ячеек преобразования, состоящих каждая из последовательно однонаправленно соединенных источника переменной фазосдвинутой (ФС) ЭДС и преобразовательного элемента (например, вентиля),

распределено по i_{χ} более простых ("элементарных") преобразователей, каждое i -е из которых при $i = 1, i_{\chi}$ содержит \mathcal{J}_0 параллельно однополярно включенных ячеек преобразования [1].

Каждый i -й элементарный преобразователь одним из своих выходов подключен к своему дросселю и образует i -ю элементарную преобразовательно-дроссельную структуру (ЭПДС). Все i_{χ} ЭПДС соединены между собой параллельно однополярными выходами, которые непосредственно или через фильтр образуют выходы устройства [1] - [3].

Дроссели ЭПДС попарно или тройками магнитно связаны между собой (выполнены на одном магнитопроводе)

и образуют двух- или трехфазные уравнительные реакторы (УР).

6-лучевые источники содержат три двухлучевых ЭПДС ($m=3//2=6$) с одним трехфазным УР, подключенным к средним точкам трех вентильных обмоток, либо две трехлучевых ЭПДС ($m=2//3=6$) с одним двухфазным УР, присоединенным к нулевым точкам двух обратных трехлучевых звезд шести вентильных обмоток [1].

12-лучевые источники содержат четыре трехлучевых ЭПДС ($m=4//3=12$) с двумя двухфазными УР, подключенными каждый к нулевым точкам одной из фазосдвинутых пар обратных трехлучевых звезд двенадцати вентильных обмоток [1] и [2] или подключенными к объединенным одноименными электродами вентилям одной из пар ЭПДС, вентильные обмотки в которых со средними точками в их основных частях соединены в двухсторонние неравноплечные зигзаги [3], либо две 6-лучевые ЭПДС ($m=2//6=12$) с одним УР между нулевыми 25 точками двух (левого и правого) одно-сторонних неравноплечных зигзагов.

18- и 24-лучевые источники содержат соответственно шесть или восемь трехлучевых ЭПДС ($m=6//3=18, m=8//3=24$) с уравнительными реакторами между нулевыми точками трехлучевых звезд вентильных обмоток и с тремя (при $m=18$) либо четырьмя (при $m=24$) дросселями, включенными между средними 35 точками уравнительных реакторов и выходом источника [1].

Фазовый сдвиг преобразуемых ЭДС обеспечивается путем соединения вентильных обмоток в неравноплечные зигзаги (при включении сетевых обмоток в звезду или треугольник [1] и [3]), либо - при включении вентильных обмоток в трехлучевые звезды - путем 40 соединения сетевых обмоток в звезду и треугольник, включенных параллельно или последовательно (при $m=12$) либо (при $m=18, 24$) - дополнительно в неравноплечные зигзаги [1].

При этом преобразуемые ЭДС данной ЭПДС сдвинуты по фазе на $360/\vartheta_0$ эл. град. относительно друг друга, а ЭДС данной ЭПДС по отношению к ЭДС смежной ЭПДС - на $360/m$ эл.град.

Таким образом, известные решения содержат определенное разнообразие 55 схемных построений источника постоянного напряжения и обеспечивают срав-

нительно малый уровень и высокую кратность Π частоты пульсации выходного напряжения ($\Pi = m$). Кроме того, по сравнению с источником, содержащим 5 один общий для всех m ячеек преобразования дроссель, рассмотренные решения позволяют перераспределить ("расщепить") ток нагрузки по отдельным ЭПДС и благодаря этому изменить 10 электромагнитные нагрузки в них.

Каждое из известных решений выполнено лишь при частных и ограниченных значениях общего числа лучей m , числа ЭПДС i_x и числа ϑ_0 ячеек преобразования в них. При этом число 15 является четным и кратным шести ($m = i_x // \vartheta_0 = i_x \vartheta_0 = 6n; n = 1, 2, \dots$), а число ϑ_0 - одинаковым при любых $i = 1, i_x$ и преимущественно равным трем. Изменение значений m, i_x, ϑ_0 требует создания нового решения, что является самостоятельной задачей.

Таким образом, ни одно из указанных устройств не обладает схемно-структурной общностью решения и выполнимо лишь при вполне определенных ограниченных условиях.

Кроме того, для регулирования выходного напряжения преобразовательные 30 элементы (ПЭ) в известных схемах выполнены в виде тиратронов, экситронов, тиристоров, что при данных схемных решениях приводит к относительно сложной системе импульсно-фазового управления и синхронизации управляющих импульсов (СИФУ), к значительным броскам различных напряжений, в том числе выходного, к сравнительно высокому уровню помех и пульсаций, как 40 следствие к повышенным МГСП сглаживающих фильтров, фильтров помех, экранов и пр.

Выполнение трансформаторов на трехстержневых плоских магнитопроводах с присущей им асимметрией магнитной цепи приводит к асимметрии пульсаций выходного напряжения, как следствие к ухудшению массогабаритных и стоимостных показателей сглаживающих 45 фильтров и источника напряжения в целом.

Известны также источники постоянного напряжения, в которых с целью защиты в каждое из вентильных плеч последовательно с вентиляем включен 55 плавкий предохранитель [4], что в связи с их большим количеством является недостатком таких устройств.

Наиболее близким к предлагаемому является многолучевой стабилизированный источник постоянного напряжения, содержащий параллельно однополярно соединенные ЭПДС, каждая из которых состоит из дросселя и последовательно соединенного с ним элементарного преобразователя, представляющего собой параллельно однополярно соединенные лучевые ячейки преобразования из последовательно однонаправленного включенных в каждой из них источника фазосдвинутой ЭДС и преобразовательного элемента, и устройство управления, вход которого и объединенные выводы всех ЭПДС образуют выходные выводы. При этом ФС ЭДС формируются на вентилях, со средними точками, обмотках трансформаторов, подключенных сетевыми обмотками к трехфазной сети и выполненных на магнитных системах [5].

Достоинством прототипа является простота его схемного построения, относительно повышенная частотная кратность пульсации выходного напряжения, обеспечение расщепления тока нагрузки по отдельным ЭПДС с улучшенными по сравнению с нерасщепленным вариантом массогабаритными и стоимостными показателями (МГСП), а также возможность относительно более простого управления выходным напряжением посредством регулируемых, магнитно не связанных между собой дросселей.

Основными недостатками прототипа являются: ограниченные схемно-структурные возможности решения вследствие малого количества конкретных реализаций, что обусловлено малым разнообразием общего числа лучей m , четным и кратным шести их значением ($m = 6$), ограниченным числом вариантов по числу i_x ЭПДС ($i_x = 3$ или 6) и числу ν_{xi} лучевых ячеек преобразования в них ($\nu_{xi} = 1$ или 2), а также одинаковостью этого числа во всех i_x ЭПДС ($\nu_{xi} = \nu_0$ при всех $i = 1, i_x$); как следствие предыдущего, относительно низкая надежность устройства, а также необходимость дополнительных творческих затрат в случае получения новой схемной реализации, обусловленной изменением значений m, i_x, ν_{xi} и, следовательно, необходимость выбора дополнительных средств решения и его осуществления; сравнительно повышен-

ный уровень пульсации и помех (особенно с ростом угла управления), обусловленных относительно малым значением частотной кратности Π , а также изменением напряжений, равным полной разности ЭДС работающей и вступающей в работу ячеек; проявление нежелательной низкочастотной модуляции выходного напряжения вследствие упомянутой асимметрии магнитной цепи; как следствие предыдущего, сравнительно повышенные МГСП сглаживающего фильтра, устанавливаемого на выходе устройства, а также фильтров помех, трансформаторного блока и источников питания в целом.

При этом для защиты ячеек преобразования в аварийных режимах требуется установка предохранителей в каждую из них, что ухудшает МГСП устройства; в то же время разрыв одной или нескольких таких ячеек при их аварии приводит к значительным токовым перегрузкам остальных ячеек (в связи с малым их общим числом) и как следствие к выходу их из строя и устройства в целом, либо - при значительном запасе избыточности элементов по режимному (тепловому) состоянию и, значит, при повышенных их МГСП - к изменению выходных параметров источника, приводящему к нарушению работоспособности потребителя; в этих случаях в соответствии с принципами теории надежности устанавливаются, например, дополнительный (резервный) источник, полностью совпадающий с основным, что приводит к увеличению массы, объема, стоимости, ограничению области применения.

Цель изобретения - расширение областей применения и повышение надежности путем увеличения схемно-структурных возможностей и введения структурной избыточности. При этом снижаются также уровни пульсации и помех, улучшаются масса, габариты, стоимость.

Поставленная цель достигается тем, что в многолучевом стабилизированном источнике постоянного напряжения, содержащем параллельно однополярно соединенные элементарные преобразовательно-дроссельные структуры (ЭПДС), каждая из которых состоит из дросселя и последовательно соединенного с ним элементарного преобразователя, представляющего собой параллель-

но однополярно соединенные лучевые ячейки преобразования из последовательно однонаправленно включенных в каждую из них основных источника фазосдвинутой ЭДС и преобразовательного элемента, и устройство управления, входные выводы которого и объединенные выводы всех ЭПДС образуют выходные выводы, каждая из m лучевых ячеек преобразования снабжена дополнительным источником фазосдвинутой ЭДС, включенным одним своим выводом синфазно с основным источником фазосдвинутой ЭДС, а другим выводом через дополнительно введенный управляемый преобразовательный элемент - с однополярным ему выводом данной ячейки преобразования, совместно с которой дополнительные источники фазосдвинутой ЭДС и управляемый преобразовательный элемент образуют \mathcal{J}_i -ю управляемую ячейку, все m образованных таким образом управляемых ячеек распределены по i_x элементарным преобразователям с \mathcal{J}_{x_i} управляемыми ячейками в каждом i -м из них, которые совместно с подключенным к ним дросселем образуют управляемую ЭПДС, параллельно каждой i -й из них дополнительно подключены k_i -е управляемые ЭПДС, совпадающие по структуре построения и фазности ЭДС с основной управляемой ЭПДС и совместно с последней образующие i -ю просекционированную управляемую ЭПДС, к объединенным выводам всех i_x образованных таким способом просекционированных управляемых ЭПДС дополнительно подключен сглаживающий фильтр, а выходы указанного устройства управления соединены с управляемыми входами введенных управляемых преобразовательных элементов так, что число основных управляемых ячеек составляет $m = \sum_i \mathcal{J}_{x_i} \geq 2$, а общее (суммарное) число управляемых ячеек равно $m_2 = \sum_i \mathcal{J}_{x_i} \geq m$, где для i -й управляемой просекционированной ЭПДС:

$\mathcal{J}_{x_i} = \mathcal{J}_{x_i}^+ k_{x_i} = \mathcal{J}_{x_i}^+ + \mathcal{J}_{x_i}^-$ - общее число управляемых ячеек;

$\mathcal{J}_{x_i}^- = \mathcal{J}_{x_i}^+ k_{x_i}^-$ - число управляемых ячеек в $k_{x_i}^- = k_{x_i} - 1$ дополнительных секциях;

$k_{x_i} = 1, 2, \dots$ - общее число секций;
 $\mathcal{J}_{x_i}^+ = 2, 3, \dots \leq m$ - число управляемых ячеек в основной управляемой ЭПДС;

$\mathcal{J}_i = 1, \overline{\mathcal{J}_{x_i}}; k_i = 1, \overline{k_{x_i}}$ - текущие номера управляемых ячеек и секций соответственно,

$$i = \overline{1, i_x}; i_x = 1, 2, \dots \leq m / \mathcal{J}_{x_{\min}}$$

где $\mathcal{J}_{x_{\min}}$ - наименьшее из всех \mathcal{J}_{x_i} ; число управляемых ячеек.

Кроме того, управляемые преобразовательные элементы выполнены в виде параллельного соединения $R_{x_i} \mathcal{J}_i$ цепей из последовательно соединенных неуправляемого вентиля и одной из рабочих обмоток дополнительно введенного магнитного усилителя, причем обмотки управления всех $m_2/2$ введенных магнитных усилителей соединены между собой последовательно, а два свободных вывода обмоток управления первого и последнего магнитных усилителей образуют упомянутые управляемые входы управляемых преобразовательных элементов.

В качестве преобразовательных элементов установлены бескорпусные вентили, подверженные, как и источники фазосдвинутых ЭДС и дроссели, принудительному обдуву посредством локально установленных электромикровентиляторов.

Фазосдвинутые ЭДС i -й управляемой ЭПДС сдвинуты по фазе на $360/\mathcal{J}_{x_i}$ эл. град. относительно друг друга, а фазосдвинутые ЭДС данной управляемой ЭПДС сдвинуты по фазе на $360/m$ эл. град. по отношению к фазосдвинутым ЭДС смежной управляемой ЭПДС.

Источники фазосдвинутых ЭДС выполнены на автономных магнитных системах.

Источники фазосдвинутых ЭДС выполнены в виде однофазных трансформаторов с просекционированными вентиляльными обмотками со средними точками и сетевыми обмотками, соединенными в неполные треугольники с изменяющимся (при $m > 12$) коэффициентом неполноты.

На фиг.1 представлена общая структурная схема устройства; на фиг.2-5 - конкретные схемные решения устройства при различных условиях реализации.

Устройство на фиг.1 содержит i_x просекционированных управляемых ЭПДС 1-3 с первой по i_x -ю ЭПДС, каждая из которых состоит из основной 4 и $k_{x_i}^- = k_{x_i} - 1$ дополнительных 5 и 6 управляемых ЭПДС (секций).

Однополярные выходы 7-9 и 10-12 всех k_{χ_i} секций управляемых ЭПДС 4-6 с первой (4) по k_{χ_i} -ю (6) объединены между собой и образуют выходы 13-18 i -х просекционированных управляемых ЭПДС 1-3. Выходы 13, 15, 17 и 14, 16, 18 ЭПДС 1-3 соединены между собой в параллель и образуют выходные выводы 19 и 20 устройства. К ним подключены нагрузка 21, дополнительно введенный сглаживающий фильтр 22 и устройство управления 23 своими входами 24 и 25.

При этом все k_{χ_i} управляемых ЭПДС 4-6 совпадают между собой по структуре построения и фазности ЭДС, и каждая k_i -я из них представляет собой последовательное соединение дросселя 26 и \mathcal{V}_{χ_i} параллельно включенных между собой управляемых ячеек 27-29. Каждая управляемая ячейка 27-29 содержит неуправляемую лучевую ячейку преобразования 30 из последовательно однонаправленно включенных во всех m_{Σ} ячейках источника 31 фазосдвинутой ЭДС и преобразовательного элемента 32, а также дополнительный источник ФС ЭДС 33, и дополнительно введенный управляемый ПЭ (УПЭ) 34, включенный между дополнительным источником 33 ФС ЭДС и однополярным ему выводом 35 данной ячейки преобразования 30.

При этом \mathcal{V}_{χ_i} лучевых ячеек преобразования 30 образуют элементарный преобразователь, а совместно с подключенным к нему дросселем 26 - элементарную преобразовательно-дроссельную структуру (ЭПДС). Подключение к каждой лучевой ячейке преобразования 30 дополнительных источников 33 ФС ЭДС и УПЭ 34 образует \mathcal{V}_i -ю управляемую ячейку 28, которая совместно с остальными $\mathcal{V}_{\chi_i} - 1$ управляемыми ячейками 27 и 29 образует k_i -й управляемый элементарный преобразователь 36, а совместно с дросселем 26 - k_i -ю управляемую ЭПДС. Управляемые входы 37-43 упомянутых УПЭ 34 всех m_{Σ} ячеек преобразования всех i_{χ} управляемых ЭПДС 1-3 соединены с выходами 44 и 45 устройства управления 23. Причем источники ФС ЭДС 31 и 33 могут быть выполнены на автономных магнитных системах, в частности в виде однофазных трансформаторов с просекционированными вентильными обмотками, снабженными каждая средней точкой, и

сетевыми обмотками, соединенными в неполные треугольники с изменяющимся (при $m > 12$) коэффициентом неполноты, показывающим отношение числа витков продолженной от треугольника части к общему числу витков данной обмотки.

При этом общее (суммарное) число управляемых ячеек составляет $m_{\Sigma} = \sum_i \mathcal{V}_{\Sigma_i} \geq m$, а число основных управляемых ячеек 27-29 во всех i_{χ} управляемых ЭПДС 1-3 равно $m = \sum_i \mathcal{V}_{\chi_i} \geq 2$, где для каждой i -й управляемой просекционированной ЭПДС 1-3:

$\mathcal{V}_{\Sigma_i} = \mathcal{V}_{\chi_i} k_{\chi_i} = \mathcal{V}_{\chi_i} \bar{k}_{\chi_i}$ - общее число управляемых ячеек, выполненных в виде ячейки 27;

$\bar{k}_{\chi_i} = \mathcal{V}_{\chi_i} k_{\chi_i}^-$ - число управляемых ячеек в $k_{\chi_i}^- = k_{\chi_i} - 1$ дополнительных секциях, выполненных в виде секций 5 и 6;

$k_{\chi_i} = 1, 2, \dots$ - общее число секций, выполненных в виде секций 4-6;

$\mathcal{V}_{\chi_i} = 2, 3, \dots \leq m$ - число управляемых ячеек, выполненных в виде ячейки 27, в основной управляемой ЭПДС 4;

$\mathcal{V}_i = \overline{\mathcal{V}_{\chi_i}}; k_i = \overline{k_{\chi_i}}$ - текущие номера управляемых ячеек 27-29 и секций 4-6 соответственно;

$$i = \overline{1, i_{\chi}}; i_{\chi} = 1, 2, \dots \in m / \mathcal{V}_{\chi \min}$$

где $\mathcal{V}_{\chi \min}$ - наименьшее из всех число управляемых ячеек, выполненных в виде ячейки 27.

Таким образом, в общей структуре фиг. 1 реализовано единое схемно-техническое решение, позволяющее при изменении значений $m, i_{\chi}, \mathcal{V}_{\chi_i}, k_{\chi_i}$ получить практически неограниченное количество конкретных схемных реализаций.

При этом конкретные реализации устройства в отличие от прототипа и аналогов могут содержать любое число m и m_{Σ} ячеек преобразования, а также одинаковое ($\mathcal{V}_{\chi_i} = \mathcal{V}_0$, фиг. 2, 4, 5) или не одинаковое ($\mathcal{V}_{\chi_i} \neq \mathcal{V}_0$, фиг. 3) число лучевых ячеек в каждой i -й ЭПДС ($\mathcal{V}_{\chi_i} = 2, 3, 4, \dots$).

Этим существенно расширены схемно-структурные возможности объекта, а требующиеся для его конкретных решений усилия при изменении $m, i_{\chi}, \mathcal{V}_{\chi_i}$ значительно сокращены.

Устройство по фиг. 1 работает следующим образом.

Пусть соблюдается амплитудно-фазовая симметрия основных 31 и дополнительных 33 источников ФС ЭДС и, следовательно, их амплитуды $S_{a_i \text{ осн}}$ и $S_{a_i \text{ доп}}$ соответственно равны между собой ($S_{a_i \text{ осн}} = S_{a_i \text{ доп}} = S_a$ при всех i), а их фазы внутри каждой i -й управляемой ЭПДС 1-3 сдвинуты на $360/\gamma_{\chi_i}$ эл.град., а фазы ЭДС данной управляемой ЭПДС сдвинуты на $360/m$ эл.град. по отношению к ЭДС смежной управляемой ЭПДС.

Допустим также, что УПЭ 34 закрыты, и все m_{Σ} лучевых управляемых элементарных преобразователей 36 работают как неуправляемые.

В этом случае каждая из i -х секционированных ЭПДС 1-3 формирует на выходе постоянное напряжение с кратностью частоты пульсации $\Pi_i = \gamma_{\chi_i}$, и в каждый данный момент одновременно проводят ток k_{χ_i} лучевых ячеек. Эти ячейки циклически сменяются через каждые $360/\gamma_{\chi_i}$ эл.град. по их соответствующим текущим номерам γ_i в каждой k_i -й секции.

Так как все i_{χ} ЭПДС соединены между собой параллельно, а каждая из них формирует постоянное напряжение с фазосдвинутыми пульсациями, то общее выходное напряжение U'_0 с амплитудой U_{a0} , равной примерно амплитуде $S_{a \text{ осн}}$ основных ФС ЭДС, содержит постоянную U'_0 и переменную $U'_{оп}$ составляющие с малым уровнем и высокой общей кратностью частоты пульсации Π , равной $\sum \gamma_{\chi_i}$.

Повышенная частота пульсации и ее сравнительно малый уровень снижают массу, объем, стоимость сглаживающего фильтра 22 и улучшают работу системы автоматического регулирования напряжения, в частности устройства управления 23.

Если УПЭ 34 не закрыты, работа устройства происходит аналогично описанному, но неуправляемые ПЭ (НПЭ) 32 при этом закрыты приложенным к ним обратным напряжением (дополнительными ЭДС), а амплитуда U_{a0} выходного напряжения U_0 оказывается примерно равной амплитуде S_a .

При работе устройства в режиме стабилизации выходного напряжения рассмотренные выше состояния поочередно чередуются, так что на начальном участке периода пульсации работают

неуправляемые лучевые ячейки преобразования 30 (проводят ток НПЭ 32), а затем открываются УПЭ 34. Моменты открытия последних изменяются в соответствии с сигналом управления управляющих выходов 44 и 45 устройства 23. При этом моменты открытия автоматически изменяются так, что постоянная составляющая выходного напряжения поддерживается неизменной.

Таким образом, изменение огибающей напряжения на входе фильтра (скачок) в момент открытия УПЭ 34 примерно равно $S_{a \text{ доп}}$, что в несколько раз меньше скачка по всему мгновенному значению ЭДС в прототипе. Этим достигается снижение уровня пульсации и помех и улучшение МГСП сглаживающего фильтра 22, фильтров помех, экранов и источника постоянного напряжения в целом.

Использование большого числа m_{Σ} параллельно соединенных лучевых ячеек преобразования с включенными в каждую из них полупроводниковыми вентилями позволяет не только перераспределить большой ток нагрузки по отдельным существенно менее слабым цепям (и этим улучшить общие МГСП устройства по сравнению с прототипом), но и значительно повысить надежность источника за счет введенной структурной и режимной избыточности.

Так, если в одной или нескольких ячейках произойдет авария типа "обрыв", то остальные вентили возьмут на себя дополнительную подгрузку, которая, вследствие значительного числа оставшихся работоспособными вентиляей, является для каждого из них практически несущественной.

При аварии вентиля типа "короткое замыкание" (кз) две из γ_{χ_i} -х ФС ЭДС любых двух параллельно соединенных ячеек 27-29 данного элементарного преобразователя 36 оказываются замкнутыми накоротка через "здоровый" вентиль одной из этих ячеек, что приводит к протеканию через них значительного тока, выделению большого количества тепла в полупроводниковой структуре вентиля, как следствие к ее перегоранию. Тем самым возникает авария типа "обрыв", рассмотренная выше, а вентиль, работающий в нормальном режиме как преобразовательный элемент, сра-

бываает в аварийном режиме как пре-
дохранитель.

Этим достигается не только улуч-
шение надежности объекта, но и улуч-
шение его МГСП вследствие использо-
вания m_{Σ} элементов против $2m_{\Sigma}$ с разными
функциями в них.

При этом введенные в каждой i -й
ЭПДС k_{χ_i} дополнительные ЭПДС (секции)
наряду со снижением тока в отдельных
управляемых ячейках и улучшением
МГСП и повышением надежности, уста-
новлены не с целью обычного резерви-
рования, а для преобразования пере-
менного напряжения в постоянное и
поддержания его неизменным.

Следовательно, по отношению к ре-
зервированным вариантам прототипа
и аналогов данное решение обеспечи-
вает снижение массы, объема, стои-
мости, например, в два раза.

Одна из конкретных схемных реали-
заций устройства, выполненного сог-
ласно его схемной структуре фиг.1,
приведена на фиг.2 при следующих
условиях реализации: $m_{\Sigma} = 24$; $m = 12$;
 $i_{\chi} = 3$, $\nu_{\chi_i} = \nu_0 = 4$, $k_{\chi_i} = 2$, $P_{\chi\nu_i} = P_0 =$
 $= 1$, $\Pi_i = 4$, $\Pi = 12$.

Многолучевой стабилизированный ис-
точник постоянного напряжения по
фиг.2 содержит устройство управления
46 с входами 47 и 48 и выходами 49
и 50 и параллельно однонаправленно
соединенные ЭПДС, каждая из которых
состоит из дросселя 51 (52,53) и
последовательно соединенного с ним
элементарного преобразователя 54
(55, 56). Такой преобразователь 54
(55, 56) представляет собой парал-
лельно однонаправленно соединенные
лучевые ячейки преобразования 57-60
(61-64, 65-68) из последовательно
включенных в каждой из них источника
ФС ЭДС 69 (70-72; 73-76; 77-80) и
ПЭ (вентиля) 81 (82-84, 85-88, 89-92).
При этом ФС ЭДС формируются на вен-
тильных, со средними точками 93-98,
обмотках трансформаторов, подключен-
ных сетевыми обмотками 99-104 к трех-
фазной сети 105 и выполненных на маг-
нитных системах 106-110. Выходы 111-
113 всех ЭПДС и присоединенные к ним
входами 47 и 48 устройства управления
46 образуют выходные выходы 114-115
устройства, к которым подключена на-
грузка 116.

Каждая (57) из m лучевых ячеек
преобразования 57-68 снабжена допол-
нительным источником ФС ЭДС 117 (118-

128), включенным одним своим выводом
синфазно с основным источником ФС ЭДС
69 (70-80), а другим выводом через
дополнительно введенный УПЭ 129 (130-
132, 133-136, 137-140) - с однополяр-
ным ему выводом данной ячейки преоб-
разования 57 (59-58). При этом каждый
управляемый ПЭ 129 (130-140) выполнен
в виде параллельного соединения $P_{\chi\nu_i}$
цепей (на фиг.2 для простоты изобра-
жения принято $P_{\chi\nu_i} = P_0 = 1$) из после-
довательно соединенных дополнитель-
ного НПЭ 141 (142-152) и одной из
рабочих обмоток 153 (154-158) допол-
нительно введенного магнитного усили-
теля (МУ) 159 (160-164).

Дополнительный источник ФС ЭДС 117
(118-128) и управляемый преобразова-
тельный элемент 129 (130-140) сов-
местно с данной ячейкой преобразования
57 (58-60) образуют ν_i -ую управле-
мую ячейку. Все m образованных таким
способом преобразовательных ячеек
распределены по i_{χ} элементарным пре-
образователям 54-56 (на фиг. 2 $i_{\chi} = 3$)
с ν_{χ_i} управляемыми ячейками в каждом
 i -м из них (на фиг.2 число управле-
мых ячеек в каждом из трех управле-
мых преобразователей 54-56 равно че-
тырем: $\nu_{\chi_i} = \nu_0 = 4$ при всех $i = \overline{1,3}$).
Каждый такой управляемый элементар-
ный преобразователь совместно с под-
ключенным к нему дросселем 51 (52-
53) образует управляемую ЭПДС.

Параллельно первой ЭПДС, состоя-
щей из дросселя 51 и элементарного
управляемого преобразователя 54 с
МУ 159 и 160, подключена дополни-
тельная управляемая ЭПДС 165 с МУ
166 и 167 и дросселем 168. Ее струк-
тура построения и фазность основных
и дополнительных ЭДС (формирующихся
на вентильных обмотках 169 и 170)
совпадают с основной управляемой
ЭПДС - в данном случае, с первой.

Аналогично образованы дополни-
тельные управляемые ЭПДС 171 и 172
других основных управляемых ЭПДС.

К объединенным выходам 173-175
всех i_{χ} образованных таким способом
просекционированных управляемых ЭПДС
дополнительно подключен сглаживающий
фильтр 176, а обмотки управления
177-189 всех введенных МУ соединены
между собой последовательно. Два сво-
бодных вывода 190 и 191 обмоток уп-
равления 177 и 189 первого 159 и
последнего 167 МУ соединены с выхода-
ми 49 и 50 устройства управления 46.

Источники ФС ЭДС на фиг.2 выполнены на автономных магнитных системах 106-110 в виде однофазных трансформаторов с просекционированными вентильными обмотками, сетевые обмотки 99-101, 102-104 которых соединены в неполные треугольники. Причем в связи с коэффициентом неполноты этого треугольника одинаков во всех сетевых обмотках 99-104, а требующийся фазовый сдвиг преобразуемых ЭДС, формирующихся на вентильных обмотках, обеспечивается за счет подключения одной тройки обмоток (99-101) к разным фазам сети 105 по отношению к другой их тройке (102-104).

Направление векторов таких ФС ЭДС в фазовой плоскости показано на фиг.2 под сетевыми обмотками 99-104. При этом три верхних вектора по отношению к трем нижним сдвинуты на 30° , а между собой - на 120° .

Создание источников ЭДС на автономных магнитных системах 106-110 и введение однотипных соединений всех обмоток улучшает симметрию пульсации выходного напряжения и МГСП сглаживающего фильтра и повышает технологичность изготовления устройства по сравнению с его аналогами.

При этом число управляемых ячеек в основной ЭПДС (фиг.2) равно $\gamma_{\chi i} = \gamma_0 = 4$; общее число ЭПДС $i_{\chi} = m/\gamma_{\chi \min} = m/\gamma_0 = 12/4 = 3$; число секций в каждой i -й ЭПДС $k_{\chi i} = k_0 = 2$; число дополнительных секций $k_{\chi i}^- = k_{\chi i} - 1 = 2 - 1 = 1$; число управляемых ячеек в $k_{\chi i}^-$ дополнительных секциях $\gamma_{\Sigma i} = \gamma_{\chi i} \cdot k_{\chi i}^- = \gamma_0 \cdot 1 = 4 \cdot 1 = 4$; общее число управляемых ячеек для i -й ЭПДС $\gamma_{\Sigma i} = \gamma_{\chi i} \cdot k_{\chi i} = \gamma_0 \cdot k_0 = 4 \cdot 2 = 8$; число основных управляемых ячеек $m = \sum_{i=1}^3 \gamma_{\chi i} = 3 \cdot \gamma_0 = 3 \cdot 4 = 12$; общее число управляемых ячеек $m_{\Sigma} = \sum_{i=1}^3 \gamma_{\Sigma i} = 3 \cdot \gamma_{\Sigma i} = 3 \cdot 8 = 24$.

Так как на фиг.2 $i_{\chi} = 3$ и $\gamma_{\chi i} = \gamma_0 = 4$ при всех $i = 1, i_{\chi}$, то ФС ЭДС управляемой ЭПДС сдвинуты на $360/\gamma_0 = 360/4 = 90$ эл.град, относительно друг друга, а ФС ЭДС данной управляемой ЭПДС сдвинуты по отношению к ФС ЭДС смежной управляемой ЭДС на $360/m = 360/12 = 30$ эл.град. Эти фазовые сдвиги проиллюстрированы на векторных диаграммах, приведенных на фиг.2 в местах выходных выводов каждой основной и дополнительной управляемых ЭПДС.

Работа схемной реализации по фиг.2 осуществляется в соответствии с принципом действия устройства, описанным выше для общей его структуры. В ре-

зультате на выходе устройства формируется постоянное напряжение, которое, как это видно из общей векторной диаграммы на фиг.2, пульсирует с частотой, превышающей частоту преобразуемых ЭДС в 12 раз.

Схемные варианты устройства с 24-и 6-кратной частотой пульсации даны на фиг. 3-5 при выполнении следующих условий реализации: $m_{\Sigma} = 24, m = 24, i_{\chi} = 7, \gamma_{1,2,3} = 2, \gamma_{4,5} = 3, \gamma_{6,7} = 6, k_{\chi i} = 1, P_{\chi \gamma i} = 1, P_{1,2,3} = 2, P_{4,5} = 3, P_{6,7} = 6, \Pi = 24$ (фиг.3); $m_{\Sigma} = 18, m = 6, i_{\chi} = 3, \gamma_{\chi i} = \gamma_0 = 2, k_{\chi i} = 3, P_{\chi \gamma i} = 4, \Pi_i = 2, \Pi = 6$ (фиг.4); $m = 6, m_{\Sigma} = 18, i_{\chi} = 2, k_{\chi i} = 3, \gamma_{\chi k i} = 3, P_{\chi \gamma k i} = 6, \Pi_i = 3, \Pi = 6$ (фиг.5).

Устройство по фиг. 3 содержит семь управляемых ЭПДС 192-198, три из которых (192-194) образованы каждая двумя, две других (195-196) - тремя и две остальных (197-198) - шестью управляемыми ячейками. Тем самым разные i -е ЭПДС содержат неодинаковое число управляемых ячеек, что по сравнению с аналогами и прототипами, содержащими только одинаковое и равное преимущественно трем число таких ячеек, также иллюстрирует более широкие схемно-структурные возможности решения.

Так как в схеме фиг.3 число $m > 12$, первые шесть сетевых обмоток 199 соединены между собой тройками с коэффициентом неполноты, обеспечивающим фазовый сдвиг ЭДС на $+7,5$ эл.град., а вторые шесть сетевых обмоток 200 соединены с другим коэффициентом неполноты, обеспечивающим фазовый сдвиг ЭДС на $+22,5$ эл.град.

Посредством таких однотипных и более экономичных, чем в аналогах, соединений достигается необходимый сдвиг фаз преобразуемых ЭДС на вентильных обмотках источника и увеличение частоты пульсации в 24 раза ($N = 24$).

Устройство по фиг. 4 состоит из трех управляемых ЭПДС 201-203, каждая из которых содержит по три двухлучевых управляемых секции 204-206 (207-209, 210-212) с четырьмя параллельно соединенными цепями 213 управления в каждой из них.

Выполнение УПЭ в виде параллельного соединения $P_{\chi \gamma i}$ цепей 213 из последовательно соединенных дополнительного НПЭ и одной из рабочих

обмоток дополнительно введенного МУ позволяет осуществить дополнительное расщепление тока нагрузки по вентильным цепям и рабочим обмоткам магнитных усилителей, тем самым использовать менее сильноточные вентили и меньшего диаметра обмоточные провода, что улучшает их МГСП и надежность; использовать указанные рабочие обмотки одновременно в качестве выравнивающих индуктивных элементов, ограничивающих выход из строя параллельно соединенных вентилей из-за различия их ампер-вольтных характеристик; использовать индуктивности указанных рабочих обмоток в качестве дополнительных индуктивных делителей тока, что по сравнению с резистивными делителями обеспечивает значительно меньшие потери активной мощности и повышает КПД; обеспечить тем самым по сравнению с аналогами и прототипами улучшение МГСП управляемых преобразовательных элементов за счет совмещения ряда функций в одном функциональном элементе, в том числе описанной функции предохранителя.

На фиг. 5 дроссели разных ЭПДС выполнены на общем для них магнитопроводе (магнитно связаны), что позволяет использовать с этой целью секционированные дроссели.

Последовательное соединение обмоток управления всех $m_z/2$ введенных магнитных усилителей позволяет свести до двух число управляемых входов УПЭ, что, наряду с достаточностью формирования управляющего сигнала в форме постоянного тока, значительно проще, чем СИФУ известных объектов, поскольку по сравнению с последней не требуется формировать последовательность управляющих импульсов определенной амплитуды и длительности, синхронизировать их с определенными моментами преобразуемых ЭДС, подавать в отдельности на каждый из m_z УПЭ например, тиристор, управляющие импульсы по многим отдельным каналам, по отношению к последним обеспечить необходимую помехоустойчивость и надежность.

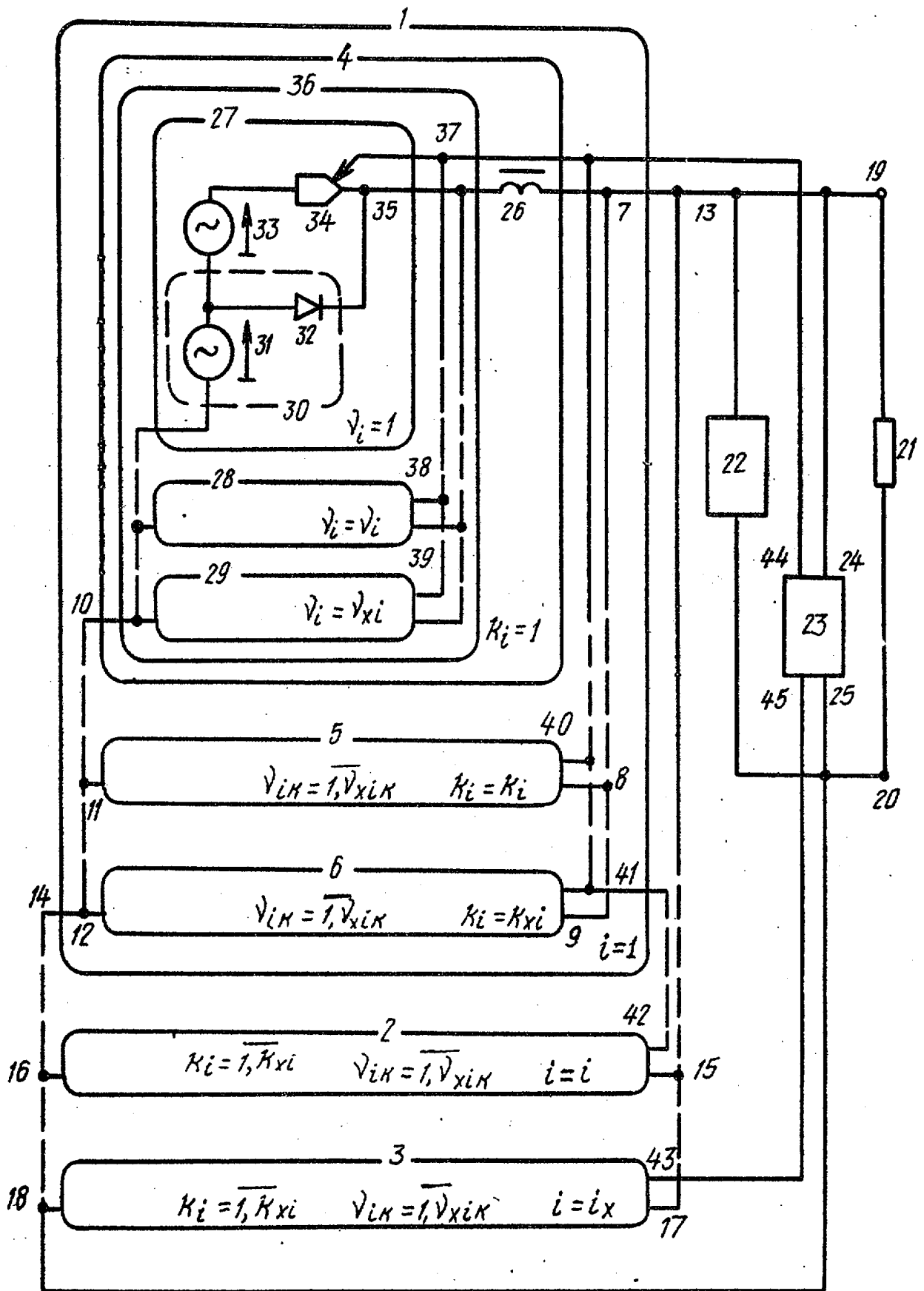
Указанная сравнительная простота системы управления данного источника позволяет также достаточно просто реализовать электрическую схему устройства управления, защиты и коммутации, выполнить их в микросхемном исполнении на основе серийно выпускаемых микросхем и довести до 3-5% их массу и объем относительно общего веса и габаритов источника.

Этим обеспечивается дополнительное улучшение МГСП системы управления и устройства в целом.

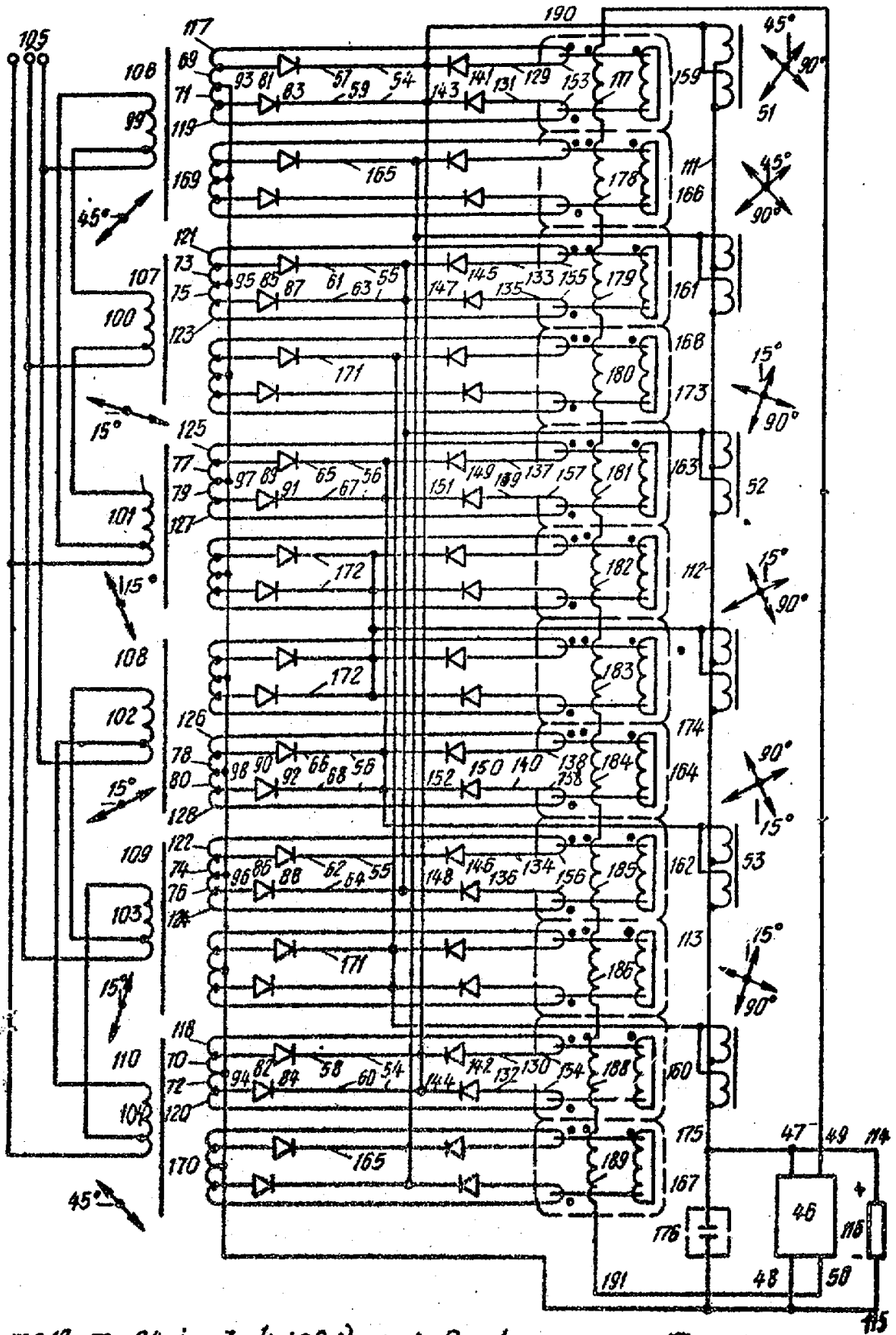
Применение бескорпусных вентилей в качестве основных и вновь введенных ПЭ, подверженных, как и источники ФС ЭДС (трансформаторы) и дроссели, принудительному обдуву посредством локально установленных электро-микровентиляторов позволяет по сравнению с известными решениями дополнительно повысить режимную избыточность указанных элементов и, тем самым, улучшить их надежность, либо установить менее мощные и, значит, с лучшими МГСП элементы.

Кроме того, выполнение источников ФС ЭДС в виде дискретных, а не моноблочных элементов обеспечивает, в ряде случаев, лучшие возможности конвекционного и принудительного теплоотвода, как следствие возможности увеличения тепловых (энергетических) нагрузок на каждый из них, дополнительное снижение их МГСП, а также более гибкие возможности унификации и компоновки элементов при изменяющихся от изделия к изделию требованиях к конфигурации общей конструкции источников питания, что особенно важно для подвижных объектов.

Таким образом, технико-экономический эффект данного решения, на основе которого разработан и изготовлен ряд источников электропитания на выходные мощности 50, 100, 250, 500, 1000 и 1500 Вт с выходным напряжением 5 В, заключается в существенном расширении схемно-структурных возможностей, улучшении массогабаритных и стоимостных показателей, снижении уровня пульсации и помех, а также значительном повышении надежности за счет введения структурной избыточности.



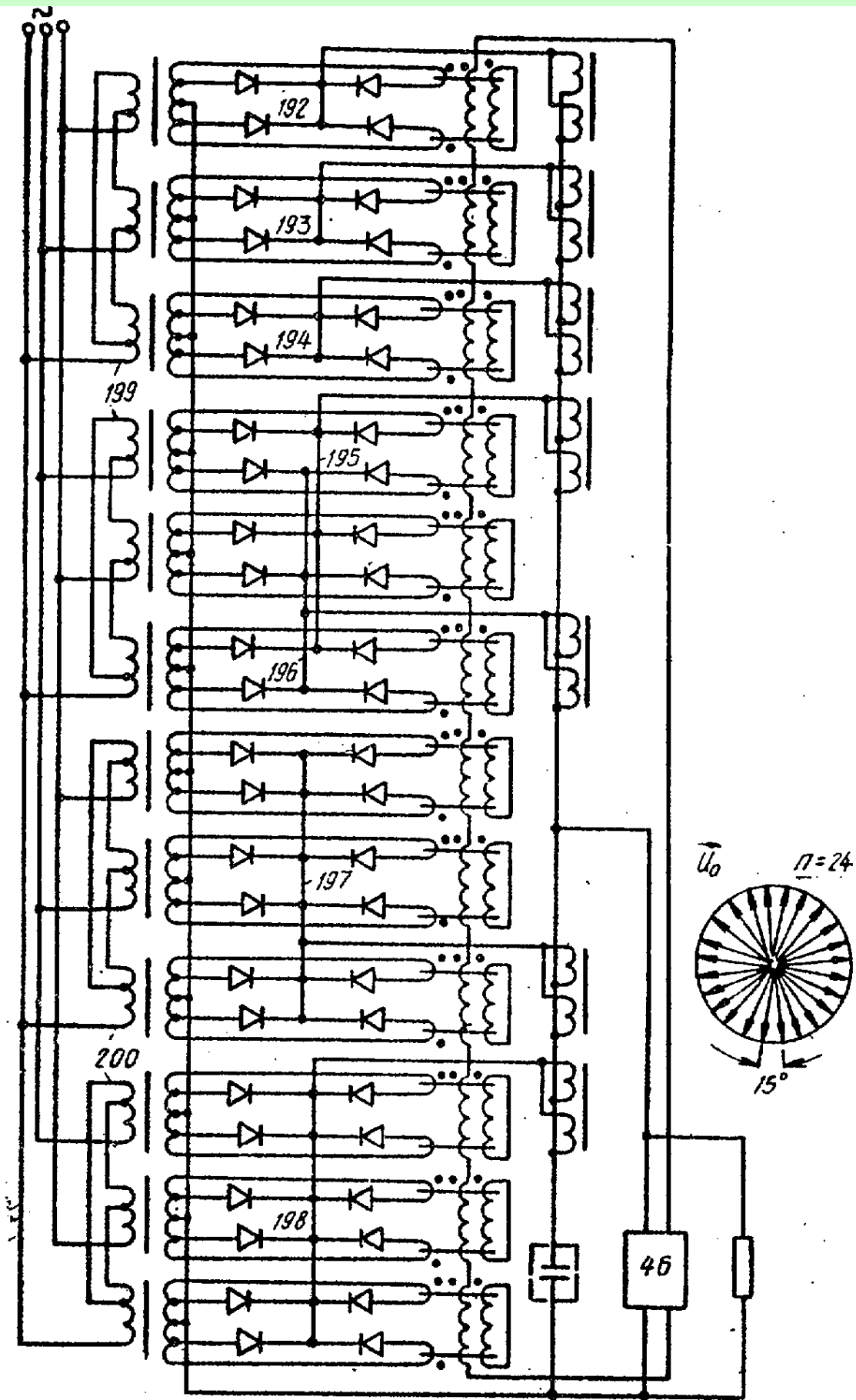
Фиг. 1



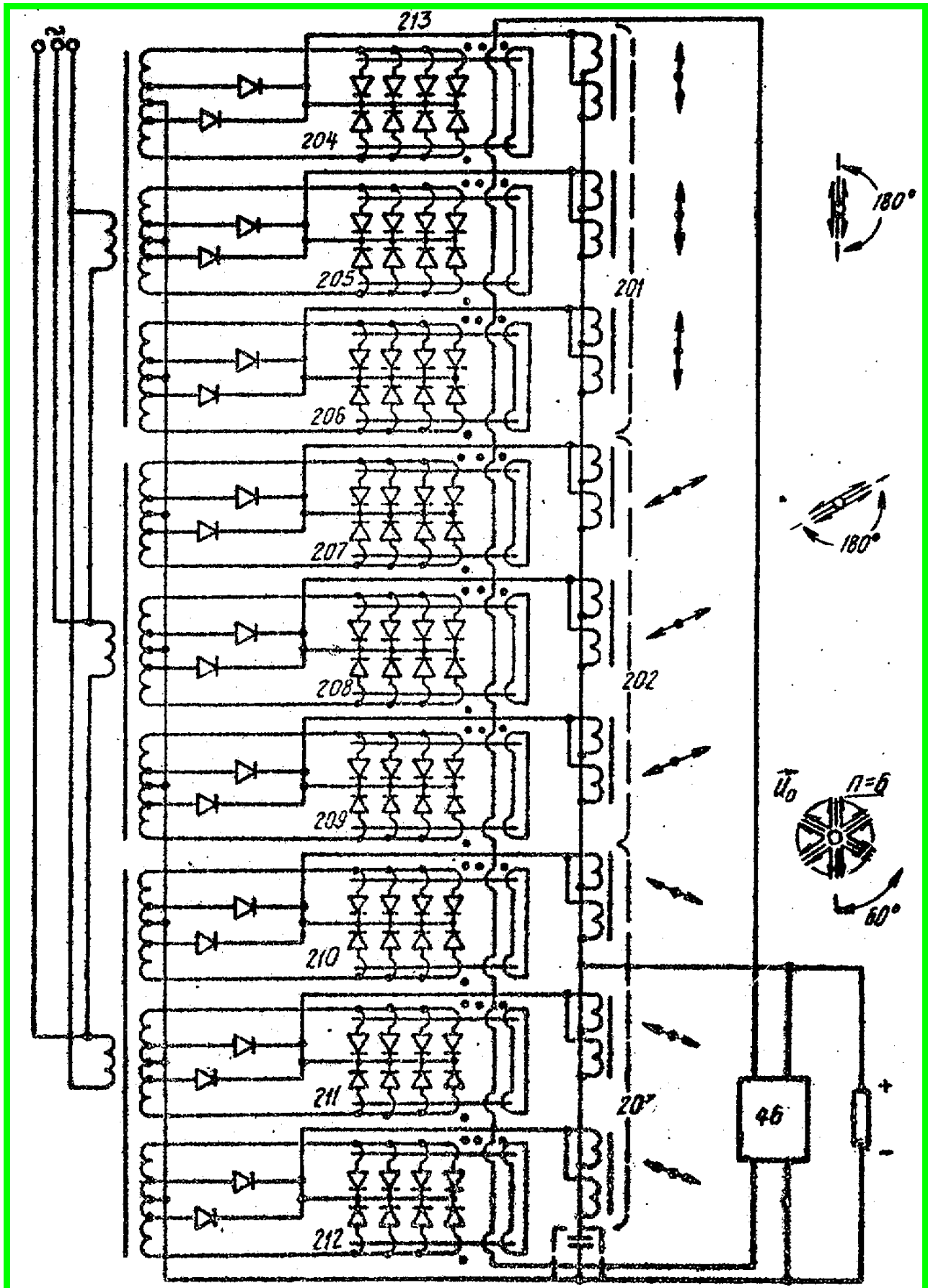
$m = 12, m_z = 24, i_x = 3, k_{xi} = 2, \psi_{xki} = 4, R_{ki} = 1$

Фиг. 2.



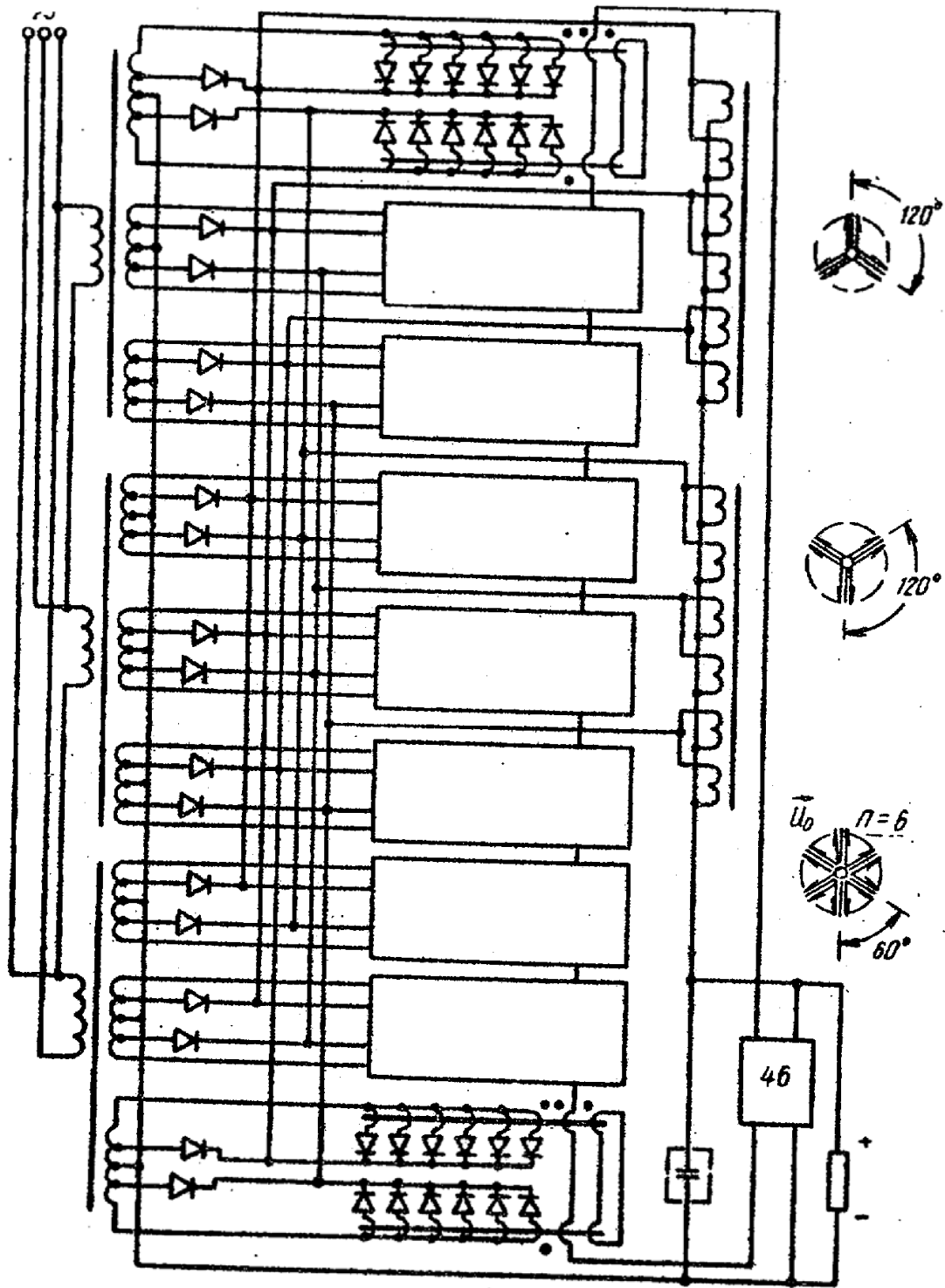


$m=24, m_{\Sigma}=24, l_{\chi}=7, K_{\chi i}=1, \nu_{\chi 1,2,3}=2, \nu_{\chi 4,5}=3, \nu_{\chi 6,7}=6, P_{\chi ki}=1$
 фиг.3



$m=6, m_z=18, i_x=3, k_x=3, \gamma_{xki}=2, P_{x\gamma ki}=4, \pi=6$

Фиг.4



$m=6, m_{\Sigma}=18, i_{\chi}=2, k_{\chi i}=3, \psi_{\chi k i}=3, P_{\chi \psi k i}=6, n=6$

Фиг. 5

ВНИИПИ Заказ 3617/39 Тираж 667 Подписное
 Филиал ИПИ "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная, 4