

A. M. Repin. AC to DC high-voltage ventil converter.

A. M. Repin. Ventil'nyy preobrazovatel' peremennogo napryazheniya v postoyannoye.

A. M. Репин. Вентильный преобразователь переменного напряжения в постоянное.

// Гос. Ком. Изобр. Откр. (ГКИО СССР). Авт.Свид.Из. (АСИ СССР). № SU 917280. БИ. № 12. 30.3.1982. Заявл. 11.6.1980. № 2938434/24-07. Международный Класс H02M7/10.

**Анонс.** Впервые в авторском дизайне и с Авторским Свидетельством (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**

№ 917280

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение: "Вентильный преобразователь переменного напряжения в постоянное"

Автор (авторы): Репин Аркадий Михайлович

Заявитель:

Заявка № 2938434 Приоритет изобретения 11 июня 1980г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

1 декабря 1981г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела



(19) (11) (13)

A1 SU 917 280

(51) МПК H02M 7/10 (2000.01)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО  
ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ СССР  
Статус : нет данных

(21)(22) Заявка: 2938434, 11.06.1980

(45) Опубликовано: 30.03.1982

Адрес для переписки:  
02 123557 МОСКВА

(71) Заявитель(и):

ПРЕДПРИЯТИЕ П/Я А-1427

(72) Автор(ы):

РЕПИН АРКАДИЙ МИХАЙЛОВИЧ

(54) **Вентильный преобразователь переменного напряжения в постоянное**  
**ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Реферат:

АСИ **917280**

Описание:

Формула:

АСИ **917280**

Рисунки:



Русская ракета ЦИРКОН сделала бессмысленным ПРО США. / ok.ru.



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 917280

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 11.06.80 (21) 2938434/24-07

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 30.03.82, Бюллетень №12

Дата опубликования описания 30.03.82

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

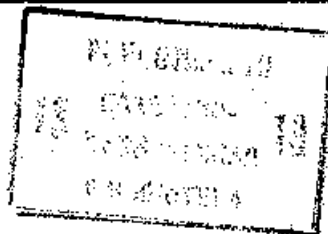
H 02 M 7/10

(53) УДК 621.314  
.6(088.8)

(72) Автор  
изобретения

А.М. Ретин

(71) Заявитель



## (54) ВЕНТИЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПОСТОЯННОЕ

1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для преобразования электрической энергии во вторичных источниках электропитания, преимущественно для получения сравнительно высокого напряжения путем использования типовых низковольтных модулей.

Известны 1, 2 ..., M - фазные мостовые вентильные преобразователи переменного напряжения в постоянное, содержащие M источников переменных ЭДС, сдвинутых по фазе на  $360/M$  эл. град. относительно друг друга, неуправляемые И-ИЛИ, управляемые вентили, образующие 2, 3 ..., N вентильных ячеек из соединенных последовательно согласно вентилей в каждой из них, и N линий, каждая из которых соединяет соответствующий выход источников ЭДС с внутренней точкой соединения вентилей одной из N вентильных ячеек, причем ЭДС и вентили имеют одинаковое направление включения во всех источниках и вентильных

2

ячейках и совместно с соответствующими линиями образуют ячейки преобразования, вентильные ячейки которых соединены между собой параллельно и образуют N - ячейковый вентильный мост, к выходу которого, являющегося выходом преобразователя подключена нагрузка [1] и [2].

Мостовые вентильные преобразователи обеспечивают сравнительно низкий уровень пульсации выходного напряжения и увеличение ее частоты по отношению к частоте ЭДС в П раз, где

$$П = \frac{1}{2} [3 - (-1)^N] N$$
 - кратность частоты пульсации, что является важным достоинством таких преобразователей. При этом источники ЭДС известных мостовых преобразователей, в зависимости от схемы соединения, образуют симметричную многоугольную звезду правильный многоугольник, симметричную лучевую звезду, зубчатый многоугольник и т. д.

Недостатками этих преобразователей являются сравнительно невысокое (меньше амплитуд  $S_{\text{ли}}$  или  $S_{\text{дг}}$ ) значение среднего напряжения  $U_0$  на нагрузке при заданных значениях  $\Pi$ ,  $S_{\text{ли}}$  или  $S_{\text{дг}}$ , где  $S_{\text{ли}}$  и  $S_{\text{дг}}$  — амплитуды линейной и диагональной ЭДС, связанные определенным образом с амплитудой  $S_{\alpha}$  фазной ЭДС; сравнительно небольшая (не более  $2\Pi/\Pi$ ) длительность открытого состояния вентиля за период ЭДС, ограничивающая коэффициент использования его во времени; сравнительно большое значение амплитуды  $S_{\alpha}$  ( $S_{\text{ли}}$ ,  $S_{\text{дг}}$ ), требующее для обеспечения заданного значения  $V_0$  при данном значении  $\Pi$ , и, как следствие, определенные технические трудности при обеспечении надежной изоляции вторичных обмоток трансформаторов в случае сравнительно высоковольтной нагрузки, приводящие к увеличению их массогабаритных и стоимостных показателей (МГСП); получение сравнительно низкого напряжения  $V_0$  и необходимость ограничения амплитуды  $S_{\alpha}$  ( $S_{\text{ли}}$ ,  $S_{\text{дг}}$ ) в случаях наличия вентиля с данной допустимой амплитудой  $U_{\alpha\text{обр}}$  обратного напряжения, как следствие, необходимость использования последовательного соединения вентиля в каждом плече вентильной ячейки, приводящего к увеличению МГСП вентильного моста, особенно при необходимости установки теплоотводящих радиаторов или систем принудительного охлаждения; сравнительно высокие МГСП преобразователи в целом, обусловленные указанными выше факторами; невозможность получения от одного преобразователя разных по уровню, но с одной или различными потенциальными точками, либо одинаковых по уровню, но с различными потенциальными точками, напряжений для питания нескольких нагрузок.

Известен также ступенчато-мостовой вентильный преобразователь, содержащий соединенные разнополярными выходами мостовые ступени описанной выше структуры, к свободным выходам которых подключена нагрузка [3].

Однако вследствие малого числа известных схемных структур ступенчато-мостового типа, содержащих к тому же одинаковое и равное двум или трем число ячеек преобразования в каждой ступени при небольшом (равном двум-четырем) их общем числе, известные ступенчато-

мостовые преобразователи обладают ограниченными возможностями, в связи с чем указанные выше недостатки в целом сохраняются.

Цель изобретения — расширение функциональных возможностей, упрощение и улучшение режимно-энергетических показателей, основными из которых являются повышение амплитудного и среднего значений напряжения на нагрузке, увеличение длительности открытого состояния вентиля, снижение требуемых амплитуд преобразуемых ЭДС и обратного напряжения на вентилях; уменьшение их числа при необходимости последовательного соединения, снижение массы, габаритов, стоимости, повышение надежности, обеспечение питанием многоканальной нагрузки, построение сравнительно высоковольтных устройств на основе типовых (унифицированных) и менее низковольтных модулей мостового типа. При этом указанные свойства достигаются без изменения количества функциональных элементов и, следовательно, без дополнительного включения новых из них.

Поставленная цель достигается тем, что в вентильном преобразователе переменного напряжения в постоянное, содержащем  $M$  источников произвольных ЭДС, неуправляемые И-ИЛИ, управляемые вентили, образующие  $N$  вентильных ячеек из соединенных последовательно согласно вентилей в каждой из них, и  $N$  линий, каждая из которых соединяет соответствующий выход источников ЭДС с внутренней точкой соединения вентиля одной из  $N$  вентильных ячеек, причем ЭДС и вентили имеют одинаковое направление включения во всех источниках и вентильных ячейках и совместно с соответствующими линиями образуют ячейки преобразования, объединенные в ступени, содержащие определенное число ячеек преобразования, вентильные ячейки которых соединены между собой параллельно и образуют многоячейковые вентильные мосты, которые соединены между собой последовательно разнополярными выходами, а к свободным выходам первого и последнего моста подключена нагрузка, все ступени при числе  $N$ , равном или не равном числу  $M$  и равном  $n_x$  объединены в  $n_x$  звеньев, каждое  $n$ -е звено содержит  $M_x$  групп с  $i_{xM}$  ступенями в каждой  $M$ -й группе, а каждая

$iM$ -я ступень содержит  $V_{xiM}$  ячеек преобразования,

где  $V_{xp} = \sum_{M=1}^{Mx} V_{xM}$  - число ячеек преобразования в  $p$ -м звене,

$V_{xM} = \sum_{i=1}^{iM} V_{xiM}$  - число ячеек преобразования в  $M$ -й группе любого звена,

$V_{xiM}$  - число ячеек преобразования в  $i$ -й ступени  $M$ -й группы,

$M, N, n, \mu, i, D$  - целые положительные числа.

Кроме того  $V_{iM}$  - ячейки преобразования содержат источники переменных ЭДС, фазы которых сдвинуты последовательно на  $360/V_{xiM}$  эл. град. относительно друг друга, источники переменных ЭДС хотя бы части  $iM$ -х ступеней соединены в симметричную  $V_{xiM}$ -лучевую звезду; источники переменных ЭДС хотя бы части  $iM$ -х ступеней соединены в правильный  $V_{xiM}$ -угольник; источники переменных ЭДС хотя бы части  $iM$ -х ступеней соединены в неправильный многоугольник, обеспечивающий симметричные диагональные ЭДС; источники переменных ЭДС хотя бы части  $iM$ -х ступеней соединены в симметричную  $V_{xiM}$ -угольную звезду; источники переменных ЭДС хотя бы части  $iM$ -х ступеней соединены в симметричный зубчатый многоугольник

На фиг. 1 изображена общая структурная схема устройства; на фиг. 2-6 принципиальные электрические схемы простейших его реализаций при числе  $N=9$  (фиг. 2, 3е, 4б, 5е);  $N=6$  (фиг. 3и);  $N=12$  (фиг. 3в, г, д, ж, з, 4а, 5д, 6д, е);  $N=15$  (фиг. 5г);  $N=18$  (фиг. 5в) и  $N=24$  (фиг. 6в, г), которые при определенных амплитудно-фазовых соотношениях ЭДС могут быть объединены по одному из важных параметров любого преобразователя - кратности  $P$  частоты пульсации выходного напряжения:  $P=12$  (фиг. 3, 4);  $P=18$  (фиг. 5) и  $P=14$  (фиг. 6).

Преобразователь 1 (фиг. 1) с подключенной к его выходам 2 и 3 нагрузкой 4 содержит  $n_x$  звеньев 5-6 от первого 5 по  $n_x$ -е 6 звено, каждое из которых состоит из  $M_x$  групп 7-8 от первой 7 по  $M_x$ -ю 8 группу с  $i_{xM}$  ступенями 9-10 от первой 9 по  $i_{xM}$ -ю 10 ступени в каждой группе 7-8 и с  $V_{xiM}$  ячейками 11 преобразования, содержащими каждая источник 12 ЭДС с подключенной через

линию 13 вентиляльной ячейкой 14, которая соединена в параллель с другими вентиляльными ячейками 15 и образует с ними  $V_{xiM}$ -ячейковый вентиляльный мост 16, выходы 17 и 18 которого являются выходами 19 и 20 ступени 9, при этом все ЭДС и вентили ячеек 11 преобразования имеют одинаковое направление включения, а все образованные указанным способом ступени соединены между собой последовательно разнополярными выходами 20-25, свободные выводы 19 и 26 которых являются выходами 2 и 3 преобразователя 1.

При этом общее число  $N$  ячеек преобразования может быть равно И-ИЛИ не равно числу  $M$  ЭДС и равно числу

$$n_x V_{xp},$$

где  $V_{xp} = \sum_{M=1}^{Mx} V_{xM}$  - число ячеек преобразования в  $p$ -м звене;

$V_{xM} = \sum_{i=1}^{iM} V_{xiM}$  - число ячеек преобразования в  $M$ -й группе любого  $p$ -го звена;

$n_x, M_x, i_{xM}, V_{xiM}$  - соответственно число звеньев в преобразователе, групп в  $p$ -м звене, ступеней в  $M$ -й группе, ячеек преобразования в  $i$ -й ступени  $M$ -й группы;

$M, N, n, \mu, i, D$  - целые положительные числа.

Общее число ступеней равно

$$i_x = n_x \sum_{M=1}^{Mx} i_{xM} \quad (1)$$

При протекании тока через нагрузку напряжение  $U_0$  на ней положительно  $U_0 > 0$  (2)

Так как все ступени и нагрузка соединены между собой последовательно, то при выполнении (2) открыто хотя бы по одному вентилю из анодной и катодной вентиляльных групп разных вентиляльных ячеек каждой мостовой ступени. Следовательно, напряжение  $U_0$  образуется путем последовательного сложения токообразующих ЭДС всех  $i_x$  ступеней и равно геометрической сумме этих ЭДС.

Из числа  $2 V_{xiM}$  вентилялей и соответствующих им ЭДС  $V_{iM}$ -й вентиляльной ячейки  $iM$ -й ступени ток проводят те вентили анодной и катодной вентиляльных групп (по одному вентилю из каждой вентиляльной группы), потенциалы катодов и соответственно анодов которых имеют по абсолютной величине наибольшее значение по сравнению с потенциалами ос-

тальных вентилях данного  $i\mu$ -го моста. При этом между катодами и анодами остальных вентилях образуется положительная разность потенциалов, в связи с чем эти вентилях находятся в закрытом состоянии.

Вектор токообразующих ЭДС в каждом  $i$ -м мосте зависит от схемы соединения источников ЭДС и может быть определен различным образом. В общем случае амплитуда  $U_{qi}$  выходного напряжения  $i$ -го моста определяется амплитудой  $S_{qi}$  диагональной ЭДС, которая может быть выражена через значения амплитуд  $S_{ai}$  фазных и  $S_{\alpha i}$  линейных ЭДС.

При соединении источников ЭДС в правильный многоугольник или симметричную многоугольную или многолучевую звезду вектор ЭДС луча, исходящего из точки симметрии или центра тяжести указанных фигур, определяет амплитуду  $S_{ai}$  фазной ЭДС, вектор ЭДС между двумя смежными фазными ЭДС — амплитуду  $S_{\alpha i}$  линейной ЭДС, вектор ЭДС, соответствующий главной диагонали многоугольника или многоугольной звезды или соответствующий расстоянию между концами наиболее удаленных друг от друга лучей в многолучевой звезде или других подобных соединениях — амплитуду  $S_{qi}$  диагональной ЭДС.

Связь между этими амплитудами следующая:

$$S_{\alpha i} = 2 S_{ai} \sin \theta_D \quad (3)$$

$$S_{\alpha i} \sin \frac{1}{2} \theta_D / \sin \theta_D, \quad \theta_D = \pi / \nu_{xi\mu}$$

$$\theta_D = \left\{ \nu_{xi\mu} + \frac{1}{2} [(-1)^{\nu_{xi\mu}} - 1] \right\} \theta_D \quad (4)$$

где  $\nu_{xi\mu}$  — число линий, соединяющих источники ЭДС  $i\mu$ -й ступени с вентиляльными ячейками или, что то же, число вентиляльных ячеек  $i\mu$ -го моста.

Следовательно, при открытой одной из  $\nu_{xi\mu}$  пар вентилях данного  $i\mu$ -го вентиляльного моста остальные его  $2(\nu_{xi\mu} - 1)$  вентилях закрыты, и амплитуда  $U_{ao}$  напряжения  $U_o$  на нагрузке равна не арифметической сумме амплитуд

$S_{\alpha i}$  —х диагональных ЭДС  $S_{qi}$ , определяемой как

$$U_{ao} = n_x \sum_{i=1}^{ix} S_{\alpha i} \quad (5)$$

или при амплитудно-фазовой симметрии ЭДС, когда  $S_{qi} = S_{qj}$ , как

$$U_{ao} = i_x S_{\alpha i} \quad (6)$$

а равна модулю ( $\text{mod } U_o$ ) вектора  $U_o$ , равного векторной сумме  $i_x$  диагональных ЭДС  $S_{qi}$ , проводящих в данный момент ток

$$U_{ao} = \text{mod } \vec{U}_o \quad (7)$$

$$U_o = \sum_{i=1}^{ix} \vec{S}_{\alpha i} \quad (8)$$

или при синусоидальной форме ЭДС и

$$S_{qi} = S_{qj}, \quad \nu_{xi\mu} = \nu_x, \quad U_{ao} = S_{\alpha i} \sin \theta_{no} / \sin \theta_n \quad (9)$$

или, при  $S_{\alpha i} = S_{\alpha}$  и выполнении (3),

$$U_{ao} = 2 S_{\alpha} \sin \frac{1}{2} \theta_D / \sin \theta_n = S_{\alpha} \sin \frac{1}{2} \theta_D / \sin \theta_n \quad (10)$$

где  $i_x$  определяется из (1), а значения

$$\theta_{no} = \pi / \nu_D, \quad \theta_n = \pi / n; \quad \nu_D = \frac{1}{2} [3 - (-1)^{\nu_x}] \nu_x \quad (11)$$

Из (5) — (11) видно, что  $U_{an} \leq U_{an}$ ,

а при определенных амплитудно-фазовых соотношениях ЭДС амплитуда  $U_{ao}$  всегда больше  $S_{qj} \sin$  или, при  $S_{qi} = S_{qj}$ , всегда больше (равна)  $S_{qj}$ .

Таким образом, последовательное соединение мостовых ступеней позволяет при определенных условиях увеличить амплитуду  $U_{ao}$  напряжения  $U_o$  на нагрузке соответственно в  $A = U_{ao} / S_{\alpha}$ ,  $A_x = U_{ao} / S_{\alpha x}$ ,  $A_q = U_{ao} / S_{qj}$  раз по отношению к амплитудам  $S_{\alpha}$ ,  $S_{\alpha x}$ ,  $S_{qj}$  мостовых преобразователей, либо обеспечить в  $A$ ,  $A_x$ ,  $A_q$  раз меньшими амплитудами  $S_{\alpha}$ ,  $S_{\alpha x}$ ,  $S_{qj}$  одинаковую с прототипом амплитуду  $U_{ao}$ .

Соответствующим образом в преобразователе снижена амплитуда  $U_{ao}$  обратного напряжения на вентилю, определяющая его вентиляльную прочность, что позволяет использовать значительно менее высоковольтные и, следовательно, с лучшими МГСП силовые вентилях.

При этом длительность  $\lambda_{oi\mu}$  открытого состояния  $\nu_{i\mu}$ -го вентилях, будучи при симметричном фазовом сдвиге ЭДС не менее  $2\pi / \nu_{oi}$ , где  $\nu_{oi} = \frac{1}{2} [3 - (-1)^{\nu_{xi\mu}}] \nu_{xi\mu}$ , в связи с  $\nu_{xi\mu} < N$  всегда больше значения  $\lambda = 2\pi / n$ , соответствующего известным  $N$ -ячейковым мостовым преобразователям,

для которых  $\pi = \frac{1}{2} [3 - (-1)^N] N$ , что по сравнению с последними улучшает использование силовых вентилях в устройстве во времени их работы.

Уменьшение обратного напряжения на вентиле, наряду с увеличением длительности его открытого состояния, улучшает использование устраиваемых в устройство вентиляей.

Все перечисленное приводит в конечном итоге к улучшению массогабаритных, стоимостных и надежностных показателей трансформаторов, вентиляей, систем охлаждения (теплоотвода), всего устройства в целом.

Кроме того, преобразователь позволяет без потерь мощности и принятия специальных мер обеспечить питанием значительное число нагрузок, причем как с одинаковым, так и различными уровнями напряжения, с общей или разными потенциальными точками.

Используемые при этом вентиля могут быть как неуправляемыми так и управляемыми, а последние — как симметрично управляемыми (в последовательности "естественного" открытия их друг за другом), так и управляемыми "принудительно", например, посредством микропроцессора, в любой комбинации последовательности.

Конкретные числовые данные по достижению положительных качеств и физическую сущность процессов удобнее проиллюстрировать на примере частных реализаций преобразователя, некоторые простые варианты которых даны на фиг. 2-6.

На фиг. 2 приведена принципиальная электрическая схема двухступенчатого девятифазного с девятью линиями вентиляльного преобразователя (фиг. 1) на одном трехфазном или трех однофазных трансформаторах при соблюдении следующих условий реализации:  $M=9; K=9; n_x=1; \mu_x=1; i_x=2; D_{x1}=3; D_{x2}=6$  или равноценных им условий  $M=9; K=9; n_x=1; \mu_x=2; i_{x1}=1; D_{x1}=3; D_{x2}=6$ .

Преобразователь 1 (фиг. 2), к выходам 2 и 3 которого подключена нагрузка 4, содержит две ступени 5 и 6 из трех 7 и шести 8 ячейковых вентиляльных мостов, соединенных между собой последовательно разнополярными выходами и с нагрузкой 4 свободными выходами 9 и 10, являющимися выходами 2 и 3 преобразователя 1.

В соответствии с векторными диаграммами (фиг. 2) ступень 6 обеспечивает по отношению к ступени 5 фазовый сдвиг ЭДС на 30 эл. град. за счет соединения основных и дополнительных частей обмоток в зигзаг.

В результате на нагрузке 4 формируется напряжение  $U_0$ , модуль вектора  $U_0$  которого, определяющий амплитуду  $U_{a0}$  напряжения  $U_0$ , равен, согласно (7) и (8),  $3,8 S_a$ , где  $S_a$  — амплитуда условной фазной ЭДС ступени 6, образуемой путем геометрического сложения ЭДС основной и дополнительной частей обмоток (фиг. 4).

Среднее значение  $V_0$  напряжения  $U_0$  определяемое как

$$U_0 = \frac{1}{20} \int U_0(v) dv \quad (2)$$

составляет  $3,75 S_a$ .

В девятифазном мостовом известном устройстве [3] эти значения составляют  $U_{a0}=1,97 S_a, V_0=1,96 S_a$ , где  $S_a$  — амплитуда фазной ЭДС, формируемой одной из трех верхних обмоток или комбинационным соединением основной и дополнительной частей остальных обмоток.

Таким образом, напряжения  $U_{a0}$  и  $V_0$  в устройстве (фиг. 2) на 91,6% или почти в два раза превышают те же показатели известного устройства при одинаковых амплитудах  $S_a$  фазных ЭДС в них. Вместе с тем, эта амплитуда в преобразователе (фиг. 2) может быть установлена в 1,91 раза меньшей, чем в известном, если требуется обеспечить заданное (одинаковое) выходное напряжение  $V_0$ .

Аналогично, в 1,95 раза меньше, чем в известном устройстве, оказывается амплитуда  $U_{обр}$  обратного напряжения на вентиле в предлагаемом устройстве (фиг. 2) при одинаковых с прототипом значениях или, что то же, на 95% будет выше напряжения  $V_0$  в устройстве фиг. 2 по отношению к прототипу при использовании в них вентиляей с одинаковым значением  $U_{обр}$ . Следовательно, при данном значении  $V_0$  число вентиляей в устройстве (фиг. 2) оказывается меньше, чем в прототипе, в случае необходимости последовательного соединения их.

Вместе с тем, при имеющихся в наличии и, следовательно, обладающих данным значением  $U_{обр}$  вентиляей, а также при необходимости сохранить одинаковым с прототипом их число (например, 18) может на практике оказаться, что применение прототипа принципиально не позволяет обеспечить заданное выходное напряжение  $V_0$  при данном числе вентиляей, в то время как посредством преобразователя (фиг. 2) эта цель достигается.

Ступенчато-мостовой преобразователь (фиг. 2) обладает, кроме того, большей схемно-конструктивной простотой, так как содержит против 15 частей вторичных обмоток прототипа лишь 12 частей, и притом более простых по обмоточным

данным и системе соединения. Общее число  $N$  линий и соответственно общее число ячеек преобразования и вентильных ячеек для любых несимметричных однозвенных схем равно

$$N = \sum_{\mu=1}^{Mx} \sum_{i=1}^{ix} V_{xij\mu} \quad (13)$$

Для симметричных схем, содержащих  $i_x$  ступеней по  $V_{x0}$  ячеек преобразования, число  $N$  равно

$$N = N_{\text{сим}} = i_x V_{x0} \quad (14)$$

Если  $\mu$ -я группа содержит  $i_{x\mu}$  ступеней с одинаковым внутри группы числом  $V_{x0\mu}$  ячеек преобразования в каждой  $i_{\mu}$ -й ступени, число  $N$  определяется как

$$N = N_{\text{од}} = \sum_{\mu=1}^{Mx} i_{x\mu} V_{x0\mu} \quad (15)$$

Число  $M_{xij\mu}$  источников ЭДС обычно совпадает с числом  $V_{xij\mu}$  и, следовательно, обычно число  $M = N$ . Однако при четных  $V_{xij\mu}$  и симметричном фазовом сдвиге ЭДС (при сдвиге на угол  $2\pi/V_{xij\mu}$ ) среди таких ЭДС встречаются противофазные. В связи с этим их можно представить в виде одной ЭДС и в общем случае считать как

$$M_{xij\mu} = \frac{1}{4} [3 - (-1)^{V_{xij\mu}}] V_{xij\mu} \quad (16)$$

$$M = \sum_{\mu=1}^{Mx} \sum_{i=1}^{ix} M_{xij\mu} \quad (17)$$

$$M_{xij\mu} = \frac{1}{4} \sum_{\mu=1}^{Mx} \sum_{i=1}^{ix} [3 - (-1)^{V_{xij\mu}}] V_{xij\mu}$$

или для случаев (14) и (15)

$$M_{\text{сим}} = i_x, \quad M_{x0} = \frac{1}{4} i_x [3 - (-1)^{V_{x0}}] V_{x0}$$

$$M_{\text{од}} = \frac{1}{4} \sum_{\mu=1}^{Mx} i_{x\mu} \quad (18)$$

$$M_{x0\mu} = \frac{1}{4} \sum_{\mu=1}^{Mx} i_{x\mu} [3 - (-1)^{V_{x0\mu}}] V_{x0\mu} \quad (19)$$

В соответствии с изложенным (фиг. 2) указаны необходимые данные по условиям схемной реализации структуры (фиг. 1), а также по значениям чисел  $M$  и  $N$ , определенных согласно (15) и (19).

На фиг. 3 приведены принципиальная электрическая схема формирования шести

или двенадцати сдвинутых по фазе ЭДС, основанная на использовании двух трехфазных или шести однофазных трансформаторов (фиг. 3 а), векторные диаграммы (фиг. 3 б) и варианты принципиальных электрических схем шести (фиг. 3 в), трех (фиг. 3 г, ж), пяти (фиг. 3 д), четырех (фиг. 3 е, з) и двух (фиг. 3 и) ступенчатых мостовых преобразователей, реализованных, согласно общей структурной схеме (фиг. 1), и при определенных условиях обеспечивающих 12-кратное ( $P=12$ ) увеличение частоты пульсации выходного напряжения  $U_0$  по отношению к частоте преобразуемых ЭДС. При этом 12-кратная частота пульсации обеспечивается при разных числах  $M$  и  $N$  и различных схемных соединениях вторичных обмоток трансформаторов (источников ЭДС), что иллюстрирует достаточную гибкость и широту функциональных возможностей устройства (фиг. 1).

Условия схемной реализации ( $n_x, M_{x0}, i_x, V_{xij\mu}$ ), а также значения чисел  $M$  и  $N$  и обеспечиваемых схемами значений напряжений  $U_{00}$  и  $V_0$ , найденных согласно выражениям (7) - (19) с учетом выражений (3) и (4), приведены на тех же фиг. 3 в-и.

Аналогичным образом реализуются другие типы ступенчато-мостовых вентильных преобразователей, выполненных согласно структурной схеме (фиг. 1), в том числе с 12-, 18-, 24-кратной частотой пульсации. Некоторые принципиальные электрические схемы формирования ЭДС, необходимые векторные диаграммы и принципиальные электрические схемы ряда простейших вариантов таких устройств показаны на фиг. 4-6 с сохранением общей картины их изображения, принятой на фиг. 3, приведением необходимых данных, полученных согласно выражениям (3), (4), (7) - (19), а также иллюстрацией присущего им общего свойства, обеспечивающего построение сравнительно высоковольтных преобразователей путем набора их из значительно менее низковольтных унифицированных модулей.

Последнее также характеризует расширение функционально-конструктивных возможностей решения по сравнению с известными.

При этом преобразуемые ЭДС могут быть реализованы, например, на однофазных, трехфазных (трехстержневых) или многофазных (многостержневых) транс-



форматорах, в том числе параметрических, магнитоуправляемых, плоских, пространственных или фигурных магнитопроводах.

Таким образом, в соответствии с описанием, реализуется ступенчато-мостовой вентильный преобразователь переменного напряжения в постоянное, в котором расширены функциональные возможности и достигнуто улучшение ряда качественных и режимно-энергетических показателей при одновременной простоте схемотехнического решения.

### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Вентильный преобразователь переменного напряжения в постоянное, содержащий  $M$  источников произвольных ЭДС, управляемые И-ИЛИ, управляемые вентили, образующие  $N$  вентильных ячеек из соединенных последовательно — согласно вентилей в каждой из них, и  $N$  линий, каждая из которых соединяет соответствующий выход источников ЭДС с внутренней точкой соединения вентилей одной из  $N$  вентильных ячеек, причем ЭДС и вентили имеют одинаковое направление включения во всех источниках и вентильных ячейках и совместно с соответствующими линиями образуют ячейки преобразования, объединенные в ступени, содержащие определенное число ячеек преобразования, вентильные ячейки которых соединены между собой параллельно и образуют многоячейковые вентильные мосты, которые соединены между собой последовательно разнополярными выходами, а к свободным выходам первого и последнего многоячейковых вентильных мостов подключена нагрузка, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей, упрощения и улучшения качественных и режимно-энергетических показателей, все ступени при числе  $N$  равном или не равном  $M$ , и равном  $n_x$   $V_{xn}$ , объединены в  $n_x$  звеньев, каждое  $n$ -е звено содержит  $\mu_x$  групп с  $i_x \mu$  ступенями в каждой  $\mu$ -й группе, а каждая  $i \mu$ -я ступень содержит  $V_{xi \mu}$  ячеек преобразования,

где  $V_{xn} = \sum_{\mu=1}^{Mx} V_{x \mu}$

$V_{x \mu} = \sum_{j=1}^{i_x n} V_{x i j \mu}$

$V_{x i j \mu}$

$M, N, n, \mu, i, V$

- число ячеек преобразования в  $n$ -м звене;  
- число ячеек преобразования в  $\mu$ -й группе любого звена;  
- число ячеек преобразования в  $j$ -й ступени  $\mu$ -й группы,  
- целые положительные числа.

2. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что  $V_{i \mu}$ -е ячейки преобразования содержат источники переменных ЭДС, фазы которых сдвинуты последовательно на  $360/V_{x i \mu}$  эл. град относительно друг друга.

3. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что источники переменных ЭДС хотя бы части  $i \mu$ -х ступеней соединены в симметричную  $V_{x i \mu}$ -лучевую звезду.

4. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что источники переменных ЭДС хотя бы части  $i \mu$ -х ступеней соединены в правильный  $V_{x i \mu}$ -угольник.

5. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что источники переменных ЭДС хотя бы части  $i \mu$ -х ступеней соединены в неправильный многоугольник, обеспечивающий симметричные диагональные ЭДС.

6. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что источники переменных ЭДС хотя бы части  $i \mu$ -х ступеней соединены в симметричную  $V_{x i \mu}$ -угольную звезду.

7. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что источники переменных ЭДС хотя бы части  $i \mu$ -х ступеней соединены в симметричный зубчатый многоугольник.

Источники информации,

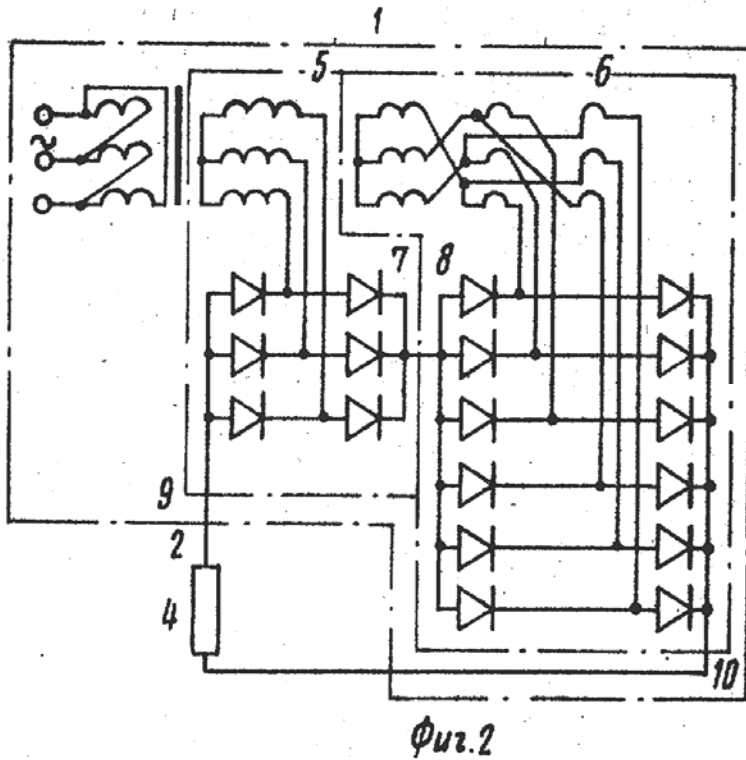
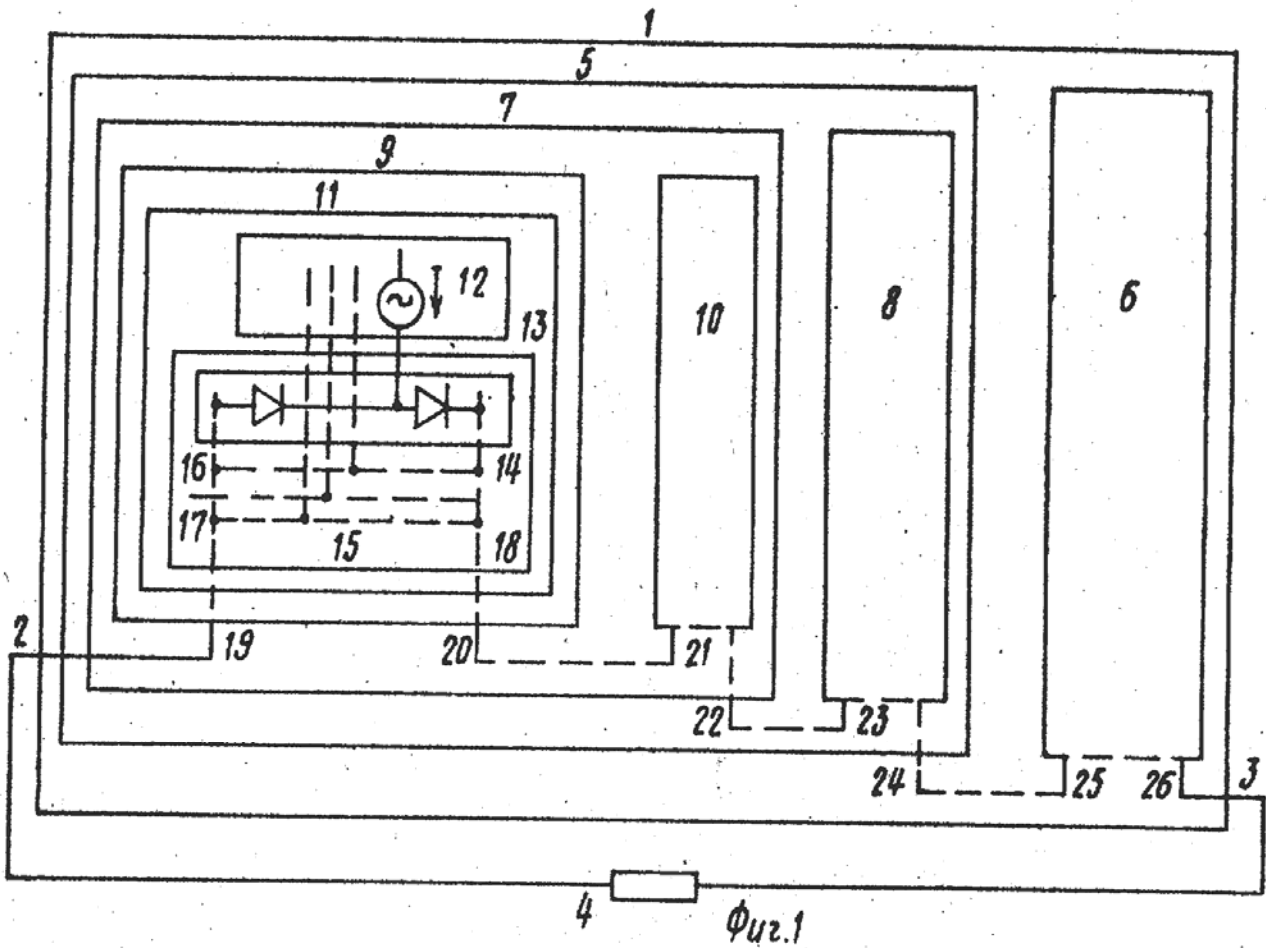
принятые во внимание при экспертизе

1. Белопольский И. И. Источники питания радиоустройств М., "Энергия", 1971, с. 66, 74.

2. Патент СССР № 50, кл. Н 02 М 7/06, 1923.

3. Авторское свидетельство СССР № 57985, кл. Н 02 М 1/14, 1940.

917280

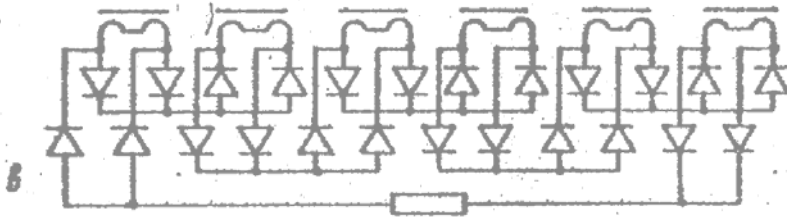
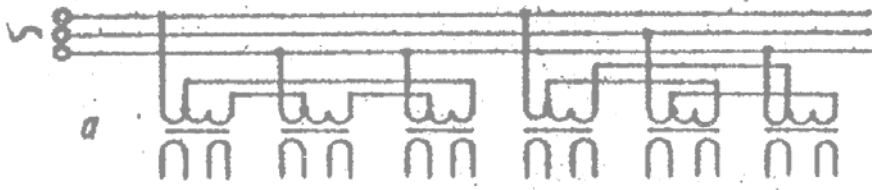


$$M = 1 \times 3 + 1 \times 6 = 9,$$

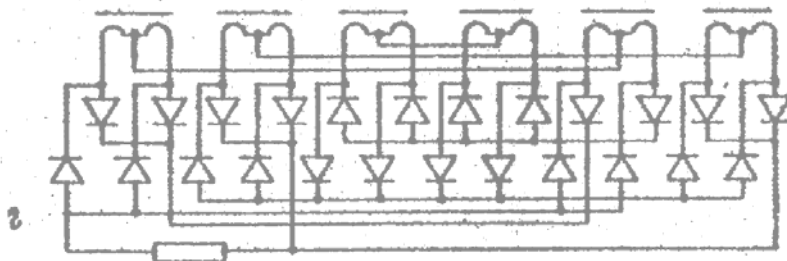
$$A = 1 \times 3 + 1 \times 6 = 9,$$

$$M_x = 1, i_x = 2,$$

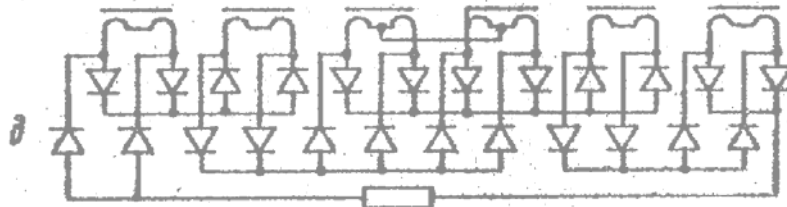
$$D_{x1} = 3, D_{x2} = 6$$



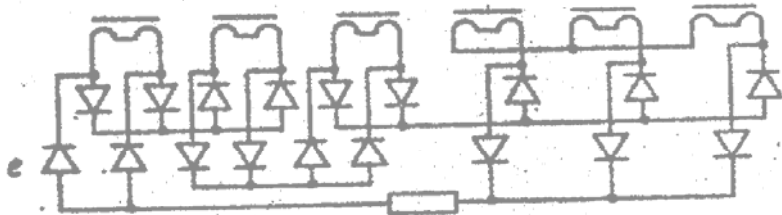
$n = 6 \times 2 = 12, \quad \lambda = 6 \times 2 = 12,$   
 $M = 6 \times 1 = 6 \quad (6 \times 2 = 12),$   
 $i_x = 6, \quad U_{xi} = 2,$   
 $U_{\omega 0} = 3,86 S_{\Omega \Lambda} = 7,7 S_{\Omega \Lambda},$   
 $U_0 = 3,82 S_{\Omega \Lambda} = 7,64 S_{\Omega \Lambda}$



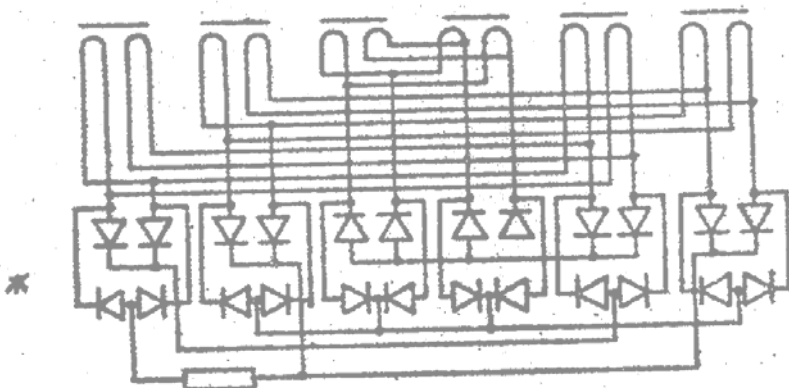
$n = 3 \times 4 = 12, \quad \lambda = 3 \times 4 = 12,$   
 $M = 3 \times 4 = 12 \quad (3 \times 2 = 6),$   
 $i_x = 3, \quad U_{xi} = 4 \quad (\text{здесь } 2 \times 2),$   
 $U_{\omega 0} = 2,73 S_{\Omega \Lambda} = 5,46 S_{\Omega \Lambda},$   
 $U_0 = 2,7 S_{\Omega \Lambda} = 5,4 S_{\Omega \Lambda}$



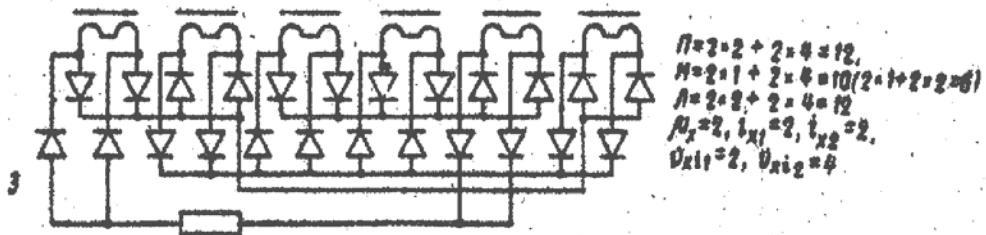
$n = 4 \times 2 + 1 = 9 = 12,$   
 $M = 4 \times 1 + 1 = 5 = 8 \quad (4 \times 1 + 1 = 2 = 6),$   
 $\lambda = 4 \times 2 + 1 = 9 = 12,$   
 $i_{x1} = 2, \quad i_{x2} = 4, \quad i_{x3} = 1,$   
 $U_{xi1} = 2, \quad U_{xi2} = 4 \quad (\text{здесь } 2 \times 2)$



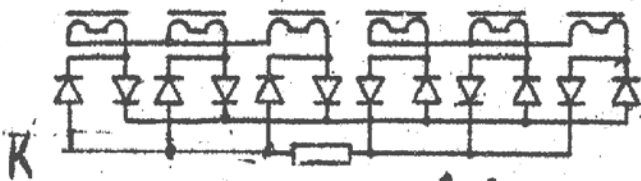
$n = 3 \times 2 + 1 = 7 = 12,$   
 $M = 3 \times 1 + 1 = 4 = 6,$   
 $\lambda = 3 \times 2 + 1 = 7 = 12,$   
 $i_{x1} = 2, \quad i_{x2} = 3, \quad i_{x3} = 1,$   
 $U_{xi1} = 2, \quad U_{xi2} = 3$



$n = 3 \times 4 = 12,$   
 $M = 3 \times 4 = 12, \quad \lambda = 3 \times 4 = 12,$   
 $i_x = 3, \quad U_{xi} = 4 \quad (\text{квадрат}),$   
 $U_{\omega 0} = 3,86 S_{\Omega \Lambda},$   
 $U_0 = 3,82 S_{\Omega \Lambda}$

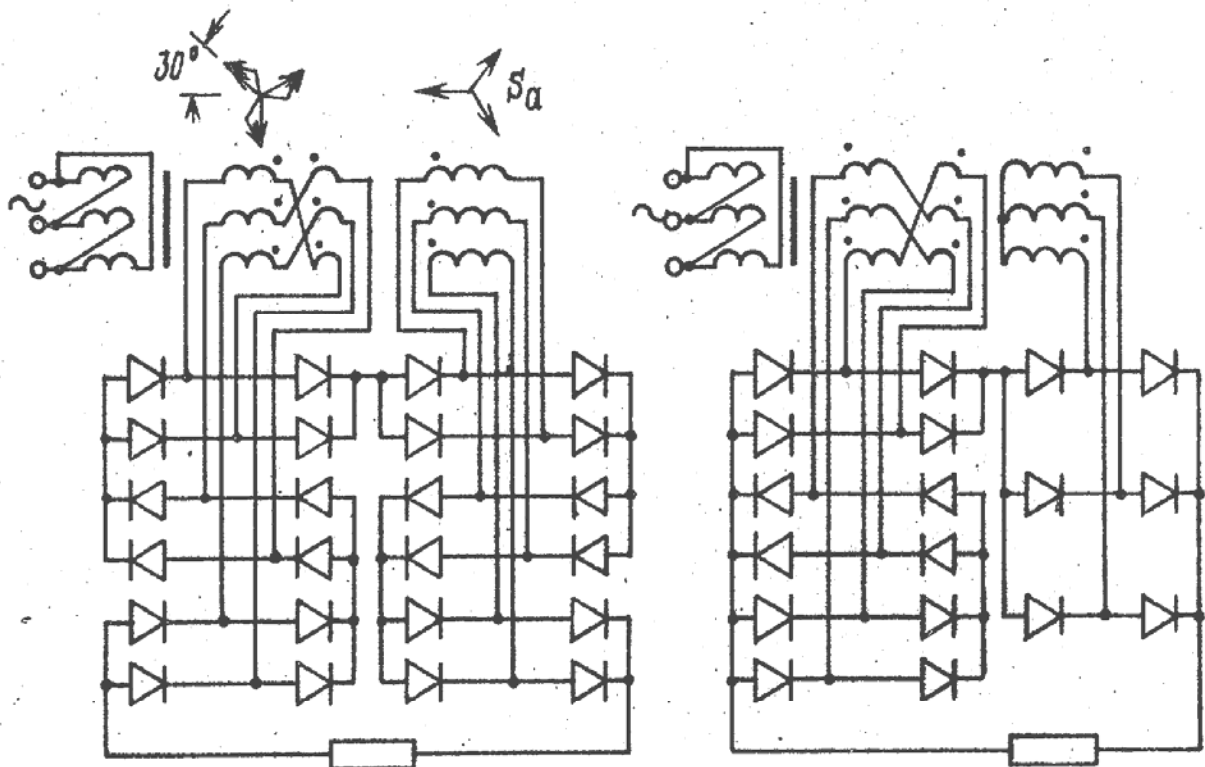


$\Pi = 2 \times 2 + 2 \times 4 = 12,$   
 $M = 2 \times 1 + 2 \times 4 = 10 (2 \times 1 + 2 \times 2 = 6)$   
 $\Lambda = 2 \times 2 + 2 \times 4 = 12$   
 $\mu_x = 2, i_{x1} = 2, i_{x2} = 2,$   
 $v_{xi1} = 2, v_{xi2} = 4$



$\Pi = 2 \times 6 = 12,$   
 $M = 2 \times 3 = 6, \Lambda = 2 \times 3 = 6,$   
 $i_x = 2, v_{xi} = 3,$   
 $U_{a0} = 3,34 S_a = 1,93 S_{a1}$   
 $U_0 = 3,31 S_a = 1,91 S_{a1}$

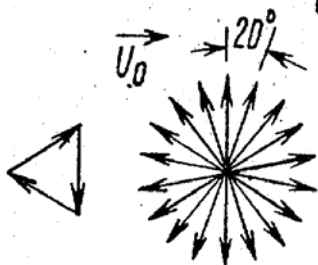
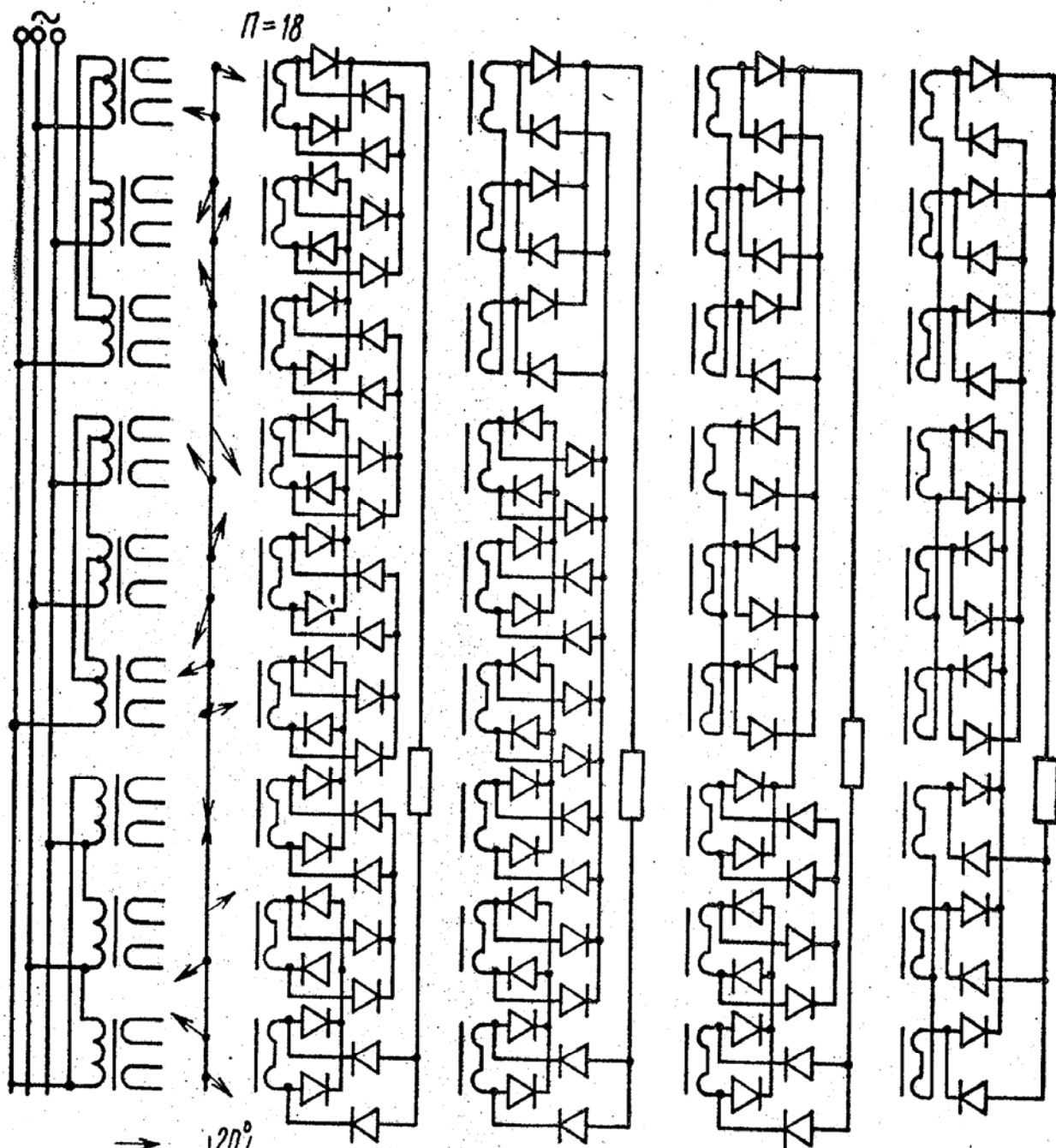
$\Phi_{uz.3}$



$\Pi = 6 \times 2 = 12, \Lambda = 6 \times 2 = 12,$   
 $M = 6 \times 1 = 6, i_x = 6, v_{xi} = 2,$   
 $U_{a0} = 3,86 S_a,$   
 $U_0 = 3,82 S_a$

$\Pi = 3 \times 2 + 1 \times 6 = 12, \Lambda = 3 \times 2 + 1 \times 3 = 9$   
 $M = 3 \times 1 + 1 \times 3 = 6, \mu_x = 2,$   
 $i_{x1} = 3, i_{x2} = 1, v_{xi1} = 2,$   
 $v_{xi2} = 3$

$\Phi_{uz.4}$



$\Pi = 9 \times 2 = 18,$   
 $M = 9 \times 1 = 9,$   
 $(9 \times 2 = 18),$   
 $\Lambda = 9 \times 2 = 18,$   
 $i_x = 9, v_{xi} = 2,$   
 $U_{a0} = 5,76 S_{a1}$   
 $= 11,5 S_a,$   
 $U_0 = 5,73 S_{a1}$   
 $= 11,45 a$

$\Pi = 6 \times 2 + 1 \times 6 = 18,$   
 $M = 6 \times 1 + 1 \times 3 = 9,$   
 $(6 \times 2 + 1 \times 3 = 15),$   
 $\Lambda = 6 \times 2 + 1 \times 3 = 15,$   
 $\mu_x = 2, i_{x1} = 6,$   
 $i_{x2} = 1, v_{xi1} = 2,$   
 $v_{x2} = 3$

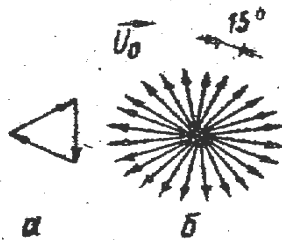
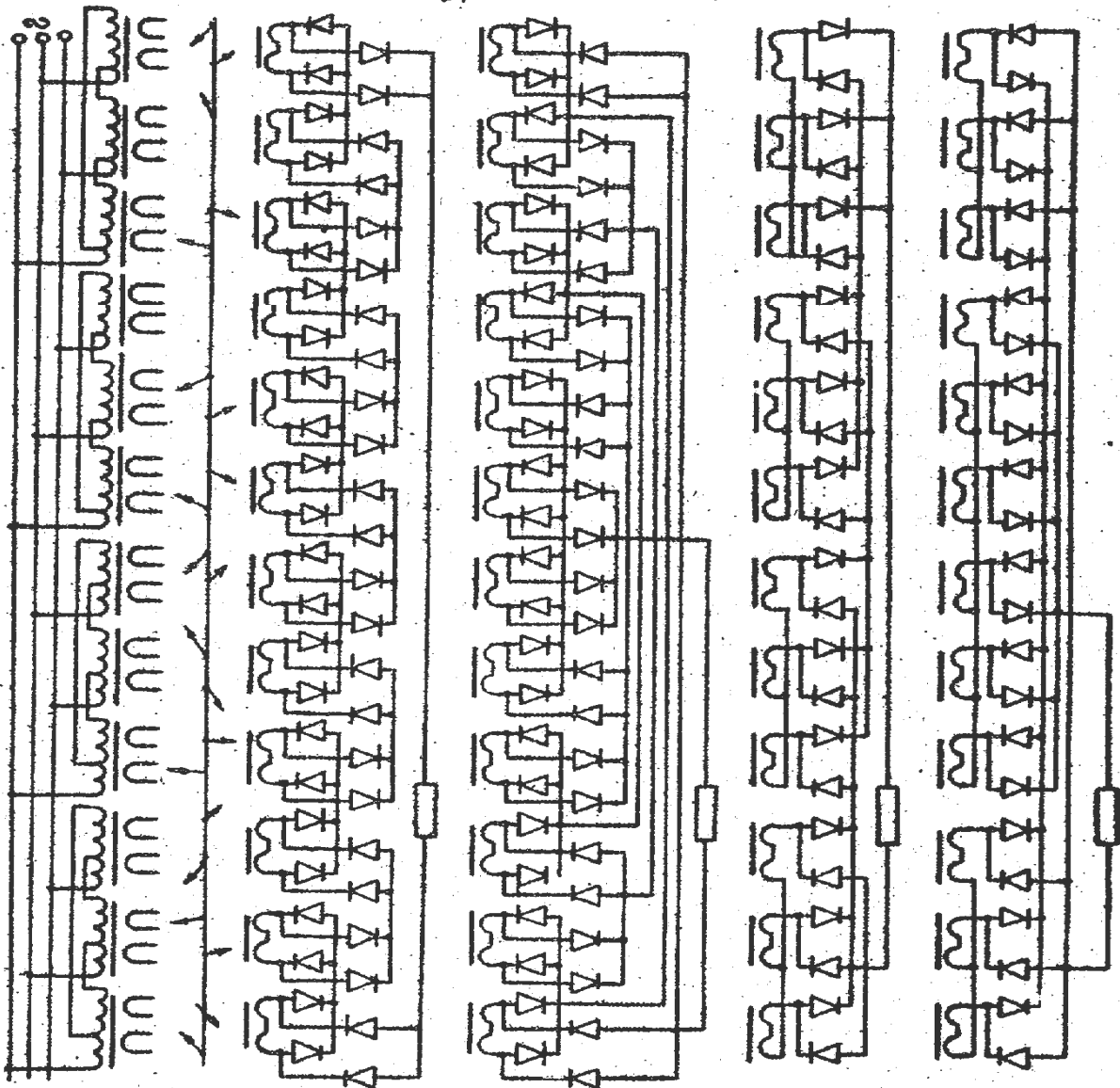
$\Pi = 3 \times 2 + 2 \times 6 = 18,$   
 $M = 3 \times 1 + 2 \times 3 = 9,$   
 $(3 \times 2 + 2 \times 3 = 12),$   
 $\Lambda = 3 \times 2 + 2 \times 3 = 12,$   
 $\mu_x = 2, i_{x1} = 3,$   
 $i_{x2} = 2, v_{xi1} = 2,$   
 $v_{xi2} = 3$

$\Pi = 3 \times 6 = 18,$   
 $M = 3 \times 3 = 9,$   
 $\Lambda = 3 \times 3 = 9,$   
 $i_x = 3, v_{xi} = 3,$   
 $U_{a0} = 2,88 S_{a1},$   
 $= 4,98 S_a,$   
 $U_0 = 2,86 S_{a1}$   
 $= 4,95 S_a$

a      б      в      г      д      е

Фиг. 5

$n = 24$



$n = 12 \cdot 2 = 24,$   
 $M = 12 \cdot 1 = 12,$   
 $L = 12 \cdot 2 = 24,$   
 $i_x = 12, U_{xi} = 2,$   
 $U_{00} = 7.665 \text{ В},$   
 $U_0 = 15.325 \text{ В},$   
 $U_0 = 7.645 \text{ В},$   
 $U_0 = 15.285 \text{ В}$

$n = 6 \cdot 4 = 24,$   
 $M = 6 \cdot 4 = 24 (6 \cdot 2 = 12),$   
 $L = 6 \cdot 4 = 24,$   
 $i_x = 6, U_{xi} = 4,$   
 $U_{00} = 5.425 \text{ В},$   
 $U_0 = 10.845 \text{ В},$   
 $U_0 = 5.45 \text{ В},$   
 $U_0 = 10.85 \text{ В}$

$n = 4 \cdot 6 = 24,$   
 $M = 4 \cdot 3 = 12,$   
 $L = 4 \cdot 3 = 12,$   
 $i_x = 4, U_{xi} = 3,$   
 $U_{00} = 3.935 \text{ В},$   
 $U_0 = 6.635 \text{ В},$   
 $U_0 = 3.825 \text{ В},$   
 $U_0 = 6.625 \text{ В}$

$n = 2 \cdot 12 = 24,$   
 $M = 2 \cdot 6 = 12,$   
 $L = 2 \cdot 6 = 12,$   
 $i_x = 2, U_{xi} = 6,$   
 $U_{00} = 1.965 \text{ В},$   
 $U_0 = 3.9345 \text{ В},$   
 $U_0 = 1.9775 \text{ В},$   
 $U_0 = 3.9245 \text{ В}$

Фиг. 6