



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4124189/24-07  
(22) 16.06.86  
(46) 07.02.88. Бюл. № 5  
(71) Белорусский политехнический институт  
(72) А.А. Семченко, Н.М. Улащик и Б.И. Фираго  
(53) 621.314.27(088.8)  
(56) Патент США № 3958172, кл. Н 02 М 5/27, 1980.

Авторское свидетельство СССР № 720662, кл. Н 02 Н 5/27, 1978.

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

(57) Изобретение относится к электротехнике, в частности к области управления трехфазно-трехфазными однополупериодными непосредственными преобразователями частоты, и может быть использовано в автоматизированном электроприводе общепромышленных механизмов для частотного управления асинхронными электродвигателями. Целью изобретения является повышение

плавности регулирования выходной частоты  $f_2$  преобразователя в диапазоне  $(0,25 \dots 1,0)f_1$  ( $f_1$  - частота питающей сети) и упрощение преобразователя. Сущность изобретения заключается в том, что импульсы управления тиристорами в каждой фазе модулируют одним и тем же тактовым сигналом. Это позволяет осуществить дискретное регулирование выходной частоты шестивентильного непосредственного преобразователя частоты в соответствии с выражением  $f_2 = f_1(N-6)/N$ , где  $N$  - натуральное число (при этом для формирования выходной частоты преобразователя не требуется изменение порядка чередования выходных фаз преобразователя), что дает возможность повысить плавность регулирования выходной частоты преобразователя в диапазоне  $(0,25 \dots 1,0)f_1$ . Одновременно применение однофазного модулирующего сигнала вместо трехфазного сигнала позволяет упростить систему управления преобразователем. 3 ил.

Изобретение относится к электро-технике, в частности к управлению трехфазно-трехфазными однополупериодными непосредственными преобразователями частоты, и может быть использовано в автоматизированном электроприводе для частотного управления асинхронными электродвигателями общепромышленного применения.

Цель изобретения - повышение плавности регулирования частоты выходного напряжения преобразователя в диапазоне  $(0,25-1,0)f_1$ , где  $f_1$  - частота фазного напряжения.

На фиг. 1 изображена структурная схема устройства, реализующего способ управления непосредственным преобразователем частоты (НПУ); на фиг. 2 - блок формирования модулирующего напряжения; на фиг. 3 - временные диаграммы сигналов, иллюстрирующие способ управления НПЧ, а также работу устройства, реализующего этот способ.

Устройство (фиг.1) содержит встречно-параллельно соединенные пары тиристоров 1-6, соединяющие асинхронный электродвигатель 7 с входными сетевыми клеммами 8-10. Устройство содержит блоки 11-13 формирования синхронизирующих импульсов, блоки 14-16 импульсно-фазового управления, элемент ИЛИ 17, блок 18 задания напряжения, блок 19 задания частоты, управляемый делитель 20, блок 21 формирования модулирующего сигнала, элементы И 22-27 и усилители-формирователи 28-33. При этом входы блоков 11-13 соединены соответственно с клеммами 8-10, а выходы блоков 11-13 подключены к одним из входов блоков 14-16 и входам элемента ИЛИ 17. Другие входы блоков 14-16 соединены между собой и подключены к выходу блока 18. Блок 19 своими выходами соединен с управляющими входами управляемого делителя 20, тактовый вход которого подключен к выходу элемента ИЛИ 17. Первые входы блока 21 подключены к  $(p-1)$  выходам блока 19, второй вход соединен с выходом управляемого делителя 20, третий - с выходом элемента ИЛИ 17. Выход блока 21 подключен к первым входам элементов 22-27, при этом вторые входы элементов 22 и 23 соединены с выходами блока 14, вторые входы элементов 24 и 25 - с выходами блока 15, а вторые входы

элементов 26 и 27 - с выходами блока 16. Выходы элементов 22-27 через усилители-формирователи 28-33 подключены соответственно к управляющим электродам тиристоров 1-6.

Блок 21 (фиг. 2) состоит из элемента И 34, счетчика 35, элементов 36-38 равнозначности и элемента И-НЕ 39. При этом первый вход элемента И 34 соединен с выходом элемента ИЛИ 17, а его выход - со счетным входом счетчика 35. Вход сброса счетчика 35 подключен к выходу управляемого делителя 20. Выходы счетчика 35 соединены с первыми входами элементов 36-38, вторые входы которых подключены к  $(n-1)$  выходам блока 19. Выходы элементов 36-38 соединены с входами элемента И-НЕ 39, выход которого подключен к второму входу элемента И 34 и является выходом блока 21.

На фиг. 1-3 обозначены:  $U_A, U_B, U_C$  - фазные напряжения;  $X_A, X_B, X_C$  - выходные сигналы соответственно блоков 11-13;  $6f_1$  - выходной сигнал элемента ИЛИ 17, частота которого в шесть раз больше частоты сети  $f_1$ ;  $f_T$  - выходной сигнал управляемого делителя 20 частоты;  $U_M$  - модулирующий сигнал на выходе блока 21;  $U_{\alpha A}, U'_{\alpha A}, U_{\alpha B}, U'_{\alpha B}, U_{\alpha C}, U'_{\alpha C}$  - регулирующие сигналы на выходах блоков 14-16;  $\gamma_1-\gamma_6$  - сигналы включения с индексами, соответствующими номерам тиристоров;  $U_a, U_b, U_c$  - выходные напряжения преобразователя.

Способ обеспечивает повышение плавности регулирования частоты следующим образом.

Для обеспечения стабильности формирования выходного напряжения непосредственного преобразователя частоты необходимо синхронизировать тактовые импульсы и модулирующие сигналы с напряжением питающей сети (дискретное задание частоты). В данном способе частота модулирующих сигналов определяется выражением

$$f_M = N6f_1.$$

Выполнение этого условия обеспечивает синхронизацию тактовых сигналов с напряжением питающей сети.

При модуляции синусоидального напряжения питающей сети прямоугольным модулирующим сигналом формируется несинусоидальное напряжение со сложным гармоническим составом, причем в рабочей зоне частот наибольшую

амплитуду имеет гармоническая составляющая с частотой, равной разности частоты питающей сети и частоты модуляции. Эта составляющая является основной гармоникой выходного напряжения, и в этом случае для выходной частоты преобразователя  $f_2$  справедливо

$$f_2 = f_1 - f_m = f_1 - f_1 \frac{6}{N} = f_1 \frac{N-6}{N}.$$

Из этого выражения видно, что практически весь бесконечный ряд выходных частот преобразователя заключается в интервале  $(0,25-1,0)f_1$ , причем промежутки между дискретными ступенями уменьшаются при приближении к частоте сети.

Таким образом, способ обеспечивает повышение плавности регулирования частоты в диапазоне  $(0,25-1,0)f_1$ . Кроме того, использование одного и того же модулирующего сигнала для модуляции импульсов управления тиристорами всех каналов позволяет упростить устройство для управления преобразователем. Способ может быть реализован при любом соединении фаз трехфазной нагрузки. В силовом блоке преобразователя используется только шесть тиристоров, так как для обеспечения требуемой плавности регулирования частоты не нужен реверс фаз преобразователя.

Для обеспечения высоких силовых показателей электропривода необходимо формировать выходное напряжение преобразователя с наибольшей возможной амплитудой основной гармоники. Гармонический анализ напряжения преобразователя при управлении согласно предлагаемому способу показывает, что амплитуда основной гармоники при постоянном угле открывания тиристоров зависит от продолжительности интервала времени, в течение которого модулирующий сигнал разрешает поступление управляющих импульсов на встречно-параллельно соединенные тиристоры. При этом наибольшее значение амплитуда основной гармоники приобретает при  $\lambda = 1/2f_m$ . Кроме того, гармонический состав выходного напряжения НПЧ при  $0 < \lambda < 1/2f_m$  лучше, чем при  $1/2f_m < \lambda < 1/f_m$ . Поэтому для обеспечения требуемого гармонического состава и упрощения конструкции устройства для управления преобразова-

телем приняты следующие соотношения для  $\lambda$ :

при четном  $N$

$$\lambda = N/12f_1 = 1/2f_m,$$

при нечетном  $N$

$$\lambda = \frac{(N-1)}{12f_1}.$$

Таким образом, данный способ обеспечивает повышение плавности регулирования выходной частоты преобразователя в диапазоне  $(0,25-1,0)f_1$  и упрощение преобразователя.

Устройство, реализующее способ, работает следующим образом.

На клеммы 8-10 подаются напряжения  $U_A, U_B, U_C$ . Блоки 11-13 преобразуют фазные напряжения (фиг. 3) в последовательности импульсов с удвоенной частотой сети  $X_A, X_B, X_C$  (синхроимпульсы формируются в моменты перехода фазных напряжений через ноль). Блоки 14-16 на основании входного сигнала от блока 18 и соответствующих входных сигналов  $X_A, X_B, X_C$  от блоков 11-13 вырабатывают сигналы  $U_{\alpha A}, U'_{\alpha A}, U_{\alpha B}, U'_{\alpha B}, U_{\alpha C}, U'_{\alpha C}$  (фиг. 3), которые при совпадении их с сигналом  $U_m$  разрешают включение соответствующих тиристоров 1-6.

Синхронизирующие импульсы с частотой  $6f_1$  с выхода элемента ИЛИ 17 поступают на вход управляемого делителя 20, который формирует тактовые импульсы  $f_m$  с частотой, в  $N$  раз меньшей частоты входных импульсов (фиг. 3). Коэффициент деления  $N$  определяется кодом, поступающим с блока 19 на входы делителя 20. Выходные импульсы делителя 20, имеющие частоту  $6f_1/N$ , поступают на один из входов блока 21 формирования модулирующего сигнала - на вход сброса счетчика 35 (фиг. 2), который служит для установки счетчика в нулевое состояние). На счетный вход счетчика 35 через элемент 34 поступают импульсы с частотой  $6f_1$ , которые он начинает считать (сигнал  $U_m$  на выходе блока 21 при этом равен "1"). На вторые входы элементов 36-38 с выхода блока 19 подается код  $N$ , сдвинутый вправо на один разряд. Поэтому при четных значениях  $N$  код на входах элементов 36-38 принимает значение  $N/2$ , а при нечетных значениях  $N - (N-1)/2$ . Когда на выходах счетчика 35 (на первых входах элементов 36-38) код станет равным коду на вторых входах элемен-

тов 36-38, на выходах этих элементов появляются сигналы логической единицы, а сигнал  $U_m$  станет равным нулю (фиг. 3), и тем самым он запретит счет импульсов  $6f_1$ . Когда на вход сброса счетчика 35 придет единичный импульс  $f_m$ , он возвратит счетчик в исходное нулевое состояние, сигнал  $U_m$  станет равным "1" и счет повторится аналогичным образом.

Выходные сигналы блоков 14-16  $U_{\alpha A}, U_{\alpha A}', U_{\alpha B}, U_{\alpha B}', U_{\alpha C}, U_{\alpha C}'$  и сигнал  $U_m$ , пройдя через элементы 22-27 и усилители-формирователи 28-33, обеспечивают включение соответствующих тиристоров 1-6. При этом выходные напряжения  $U_A, U_B, U_C$  имеют вид, показанный на фиг. 3 (выходные напряжения  $U_A, U_B, U_C$  изображены для случая  $N=10$ , при этом выходная частота преобразователя  $f_2=0,4f_1$ ). Прямоугольные и симметрично сдвинутые сигналы  $U_{(1)A}, U_{(1)B}, U_{(1)C}$ , изображенные на фиг. 3, имеют частоту, равную частоте основной гармоники выходного напряжения преобразователя.

При значениях  $N=4, 5$  формируются выходные напряжения с обратным чередованием фаз основной гармонической составляющей. При  $N=6$  на выходе преобразователя формируется выпрямленное напряжение ( $f_2=0$ ).

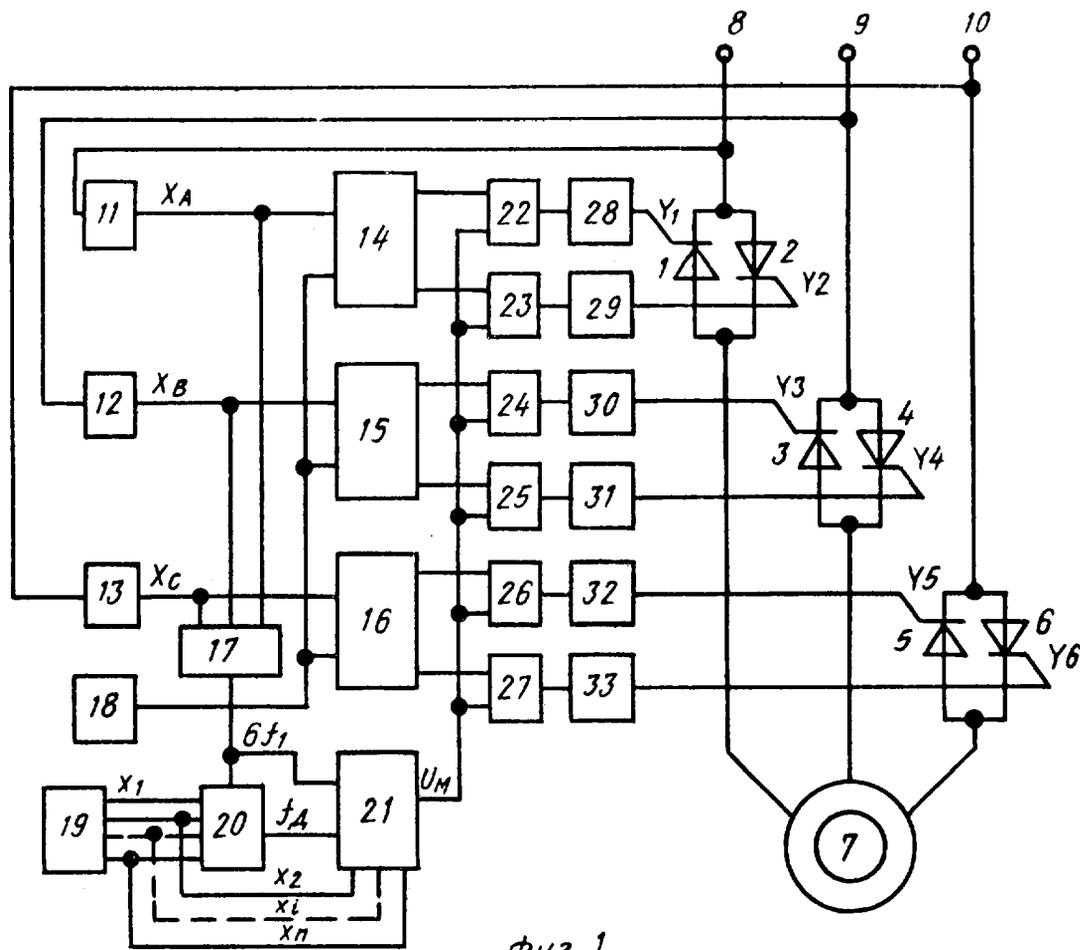
При  $N \geq 7$  на выходе преобразователя формируются напряжения с прямым чередованием фаз основной гармонической составляющей.

Способ позволяет осуществить дискретное регулирование выходной частоты шестивентильного преобразователя в соответствии с выражением  $f_2 = f_1(N-6)/N$  и повысить плавность регулирования выходной частоты преобразователя в диапазоне  $(0,25-1,0)f_1$ . При этом для формирования выходной частоты

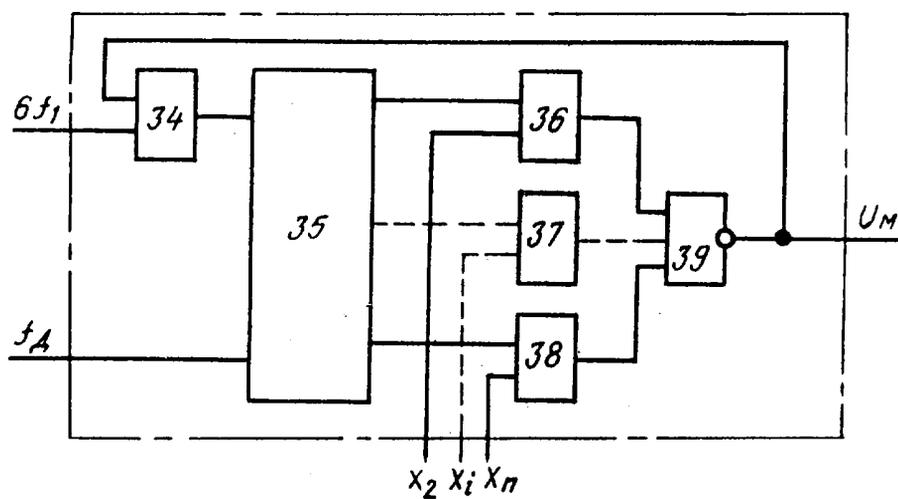
преобразователя не требуется изменение порядка чередования выходных фаз преобразователя. Применение однофазного модулирующего сигнала вместо трехфазного сигнала позволяет существенно упростить устройство для управления преобразователем.

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

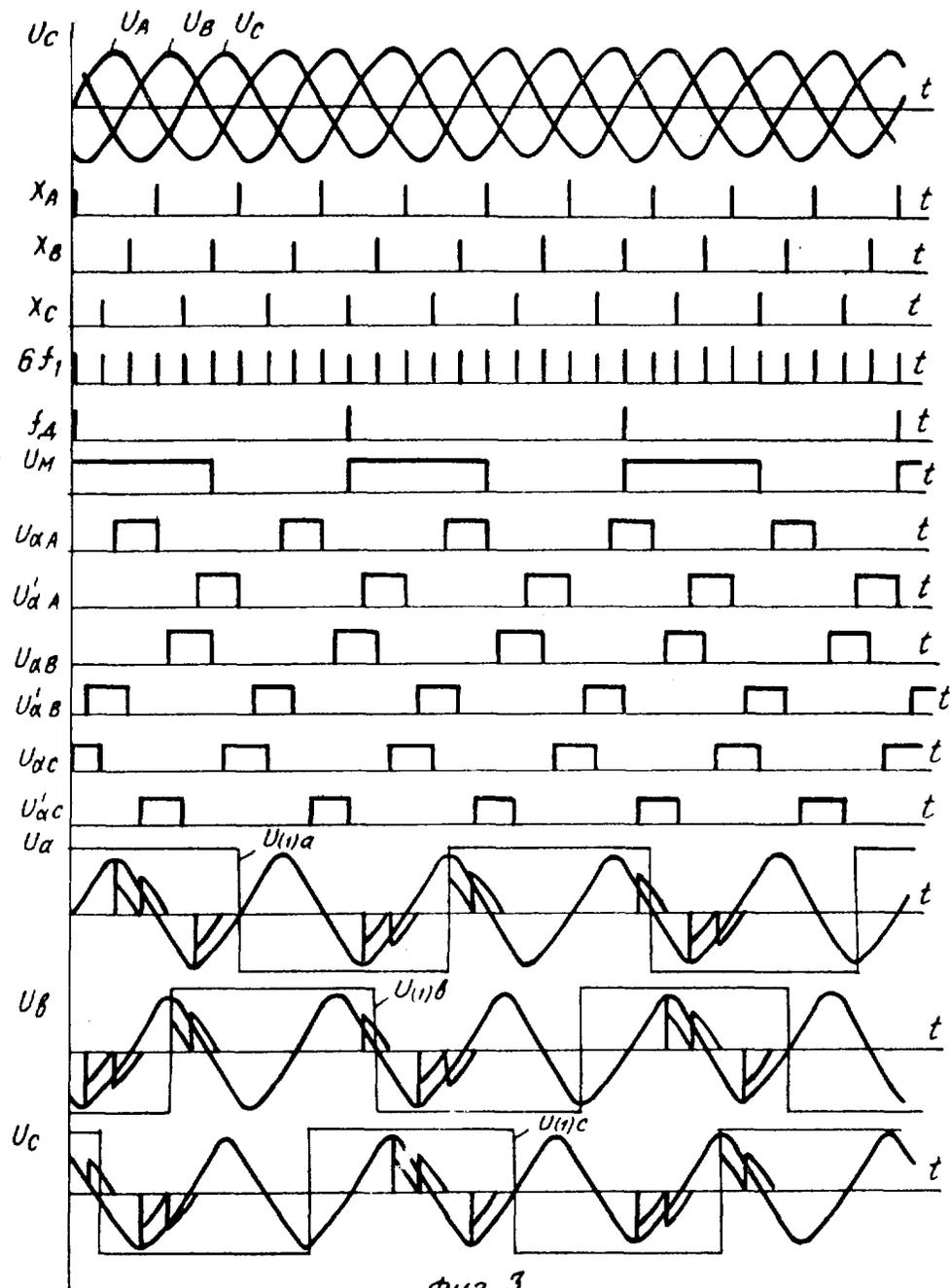
Способ управления трехфазным непосредственным преобразователем частоты, заключающийся в том, что формируют синхронизирующие импульсы, путем деления частоты синхронизирующих импульсов в  $N$  раз формируют тактовые импульсы, синхронно с тактовыми импульсами формируют модулирующие сигналы, в каждом канале управления формируют регулирующие сигналы, задающие значение выходного напряжения, контролируют полярность фазного напряжения и сравнивают ее с полярностью модулирующего сигнала, при совпадении полярностей фазного напряжения и модулирующего сигнала на интервале совпадения модулирующего и регулирующего сигналов формируют импульсы управления вентилями преобразователя, отличающийся тем, что, с целью повышения плавности регулирования частоты выходного напряжения в диапазоне  $(0,25-1)f_1$ , где  $f_1$  - частота фазного напряжения, указанные синхронизирующие импульсы формируют в моменты перехода фазных напряжений через ноль с частотой  $6f_1$ , указанные регулирующие сигналы формируют с частотой  $2f_1$ , а указанный модулирующий сигнал формируют общим для всех каналов управления длительностью  $\lambda = N/12f_1$  для четных  $N$  и  $\lambda = (N-1)/12f_1$  для нечетных  $N$ , где  $N=4, 5, 6, \dots$



фиг. 1



фиг. 2



фиг. 3

Составитель В. Миронов

Редактор С. Пекарь

Техред А. Кравчук

Корректор Н. Король

Заказ 496/52

Тираж 665

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4